

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE



Mémoire  
**MASTER ACADEMIQUE**

*Domaine : Science de la nature et de la vie*

*Filière : Science Agronomique*

*Spécialité : Protection de la Ressource Sol-Eau et Environnement*

Présenté par : M<sup>elle</sup> *Mebrouki Itidal*  
M<sup>elle</sup> *Moukar Meriem*

**THEME**

***Détermination de la conductivité électrique(CE),  
pH, et le SAR du sol par plusieurs rapports dans  
les régions sahariennes.***

Soutenu publiquement

Le : 10/07/2019

Devant le jury

Président	M <sup>r</sup>	DJILI brahim	M.C.B.(U.K.M.Ouargla)
Promoteur	M <sup>me</sup>	OUSTANI Mabrouka	M.C.B.(U.K.M.Ouargla)
Examineur	M <sup>r</sup>	IDDER A.H	M.A.A.(U.K.M.Ouargla)

**Année Universitaire : 2018/2019**

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la volonté pour mener à terme ce travail.*

*Nous remercions notre promotrice **M<sup>me</sup> OUSTANI Mabrouka**, Maître de Conférences B à l'Université Kasdi Merbah - Ouargla, pour avoir proposé et dirigé ce travail.*

*Nous remercions **Mr DJILI Ibrahim**, Maître de Conférences B à l'Université Kasdi Merbah - Ouargla, pour l'honneur qu'il nous a fait de présider notre jury et d'évaluer ce travail*

*Merci à **Mr IDDER, Abdelhak**, Maître Assistant A, à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, d'avoir accepté d'examiner ce travail et de faire partie du jury.*

*Merci également à tous les personnels de laboratoires pédagogiques de l'Université Kasdi Merbah Ouargla.*

*Aussi nous remercions infiniment le personnel de la bibliothèque de la faculté des sciences de la Nature et de la Vie.*

*Un grand merci pour les ouvriers de l'exploitation de l'université d'Ouargla, pour leur accueil et leur patience.*

*Il serait ingrat de ma part, de ne pas remercier Mme Chaouche Saida et Mr Belaroussi mouhamed de l'Université Kasdi Merbah – Ouargla, pour leur vive contribution ce travail et pour leur vive contribution ce travail et pour leur remarque et conseils judicieux.*

# Dédicaces

*Je rends grâce à Dieu et dédie ce modeste travail à tous ce qui sont proches spécialement.*

*A la mémoire de **ma mère** que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A la personne qui m'a offre tout ce que je besoin toute au long de mes études; mon cher père **Massali**.*

*À mes chers frères **Ibrahim, Abdallatif, et Manou**.*

*À ma sœurs **Amina** et ces enfants **Amin, Mouni, Rassim**.*

*A tout la famille **Moukar et Gharnoug**.*

*À mes proches amis **Sabrina Mokri, Aicha, Amina. Lamri**.*

*À toute la promotion protection de la ressource Sol & Eau et l'environnement **2018/2019**.*

*À tous mes enseignants du primaire jusqu'à l'université.*

**Moukar Meriem**

# Dédicaces

*Je rends grâce à Dieu et dédie ce modeste travail à tous ce qui sont proches spécialement ;*

*A l'être la plus chère dans l'univers, ma source de tendresse, la femme la plus patiente qui éclairé mon chemin et qui m'a encouragé et soutenue; ma mère .*

*A la personne qui m'a offre tout ce que je besoin toute au long de mes études; mon cher père.*

*A mon frère*

*A toute mes sœurs*

*A mon fiancé*

*A tout ma famille*

*Et A tout mes amies*

*Toute la promotion protection de la ressource Sol & Eau et l'environnement  
2018/2019.*

*A tous mes enseignants du primaire jusqu'à l'université.*

***Mebrouki Itidal***

## ***LISTE DES FIGURES***

<b>FIGURE</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>Figure N° 01</b>	Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation.	<b>13</b>
<b>Figure N° 02</b>	Position géographique des 08 régions d'étude.	<b>23</b>
<b>Figure N° 03</b>	Ressources en eau souterraines du Sahara algérien.	<b>24</b>
<b>Figure N° 04</b>	Comparaison de la variation des températures minimums et maximums des 08 régions d'étude.	<b>32</b>
<b>Figure N° 05</b>	Diagrammes ombrothermiques de Gaussen et Bagnouls applique des 08 régions d'étude.	<b>35</b>
<b>Figure N° 06</b>	Position des 08 régions d'étude dans le Climagramme d'Emberger (Modifié par Le Houérou 1995).	<b>37</b>
<b>Figure N° 07</b>	Lieux de prélèvements des échantillons du sol et des eaux d'irrigation .	<b>40</b>
<b>Figure N° 08</b>	Préparation de la pâte saturée.	<b>43</b>
<b>Figure N°09</b>	spectrophotomètre à flamme( JENWAY).	<b>44</b>
<b>Figure N°10</b>	Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1 /1 , ) au niveau des 08 régions d'étude.	<b>46</b>
<b>Figure N°11</b>	Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1 /2,5 ) au niveau des 08 régions d'étude .	<b>46</b>
<b>Figure N°12</b>	Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1 /5 , ) au niveau des 08 régions d'étude .	<b>47</b>
<b>Figure N°13</b>	Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1 /10 , ) au niveau des 08 régions d'étude .	<b>47</b>
<b>Figure N° 14</b>	Valeurs de la conductivité électrique de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.	<b>48</b>
<b>Figure N° 15</b>	Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.	<b>48</b>

<b>Figure N° 16</b>	Valeurs de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation de au niveau des 08 régions d'étude.	<b>51</b>
<b>Figure N° 17</b>	Valeurs de pH des extraits dilués au niveau des 08 régions d'étude.	<b>52</b>
<b>Figure N° 18</b>	Valeurs de pH de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude.	<b>54</b>
<b>Figure N° 19</b>	Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1 /1 ) au niveau des 8 régions d'étude.	<b>55</b>
<b>Figure N° 20</b>	Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1 /2 ,5 ) au niveau des 8 régions d'étude.	<b>56</b>
<b>Figure N° 21</b>	Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1 /5 ) au niveau des 8 régions d'étude.	<b>56</b>
<b>Figure N° 22</b>	Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1 /10 ) au niveau des 8 régions d'étude.	<b>57</b>
<b>Figure N° 23</b>	Valeurs de SAR de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.	<b>57</b>
<b>Figure N° 24</b>	Valeurs de SAR de l'eau d'irrigation des 8 régions d'étude.	<b>60</b>
<b>Figure N° 25</b>	Classification des eaux d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude selon le Diagramme de RIVERSIDE modifié par DURAND.	<b>62</b>
<b>Figure N° 26</b>	Corrélation entre la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10) du sol et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.	<b>63</b>
<b>Figure N° 27</b>	Corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée du sol et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.	<b>64</b>
<b>Figure N° 28</b>	Corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée et la conductivité électrique des l'extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10)	<b>65</b>

## ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>TABLEAU</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>Tableau N°01</b>	Extension globale de la salinité secondaire dans le monde, superficie en million d'hectare.	<b>04</b>
<b>Tableau N°02</b>	Classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction de pourcentage de la S.A.U.	<b>05</b>
<b>Tableau N°03</b>	Sodium adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols.	<b>Annexe N°01</b>
<b>Tableau N°04</b>	Echelle d'interprétation des résultats du pH de l'extrait (1/2,5) aqueux.	<b>06</b>
<b>Tableau N°05</b>	Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5.	<b>09</b>
<b>Tableau N°06</b>	Classification des sols salés.	<b>10</b>
<b>Tableau N°07</b>	Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation.	<b>AnnexeN°02</b>
<b>Tableau N°08</b>	Classe d'eau selon l'U.S.S.L (1954 )	<b>AnnexeN°03</b>
<b>Tableau N°09</b>	Températures moyennes mensuelles (°C) des 08 régions d'étude.	<b>31</b>
<b>Tableau N°10</b>	Les pluviosités moyennes mensuelles (en mm) des 08 régions d'étude.	<b>33</b>
<b>Tableau N°11</b>	Les évaporations moyennes mensuelles (en mm) des 08 régions d'étude.	<b>33</b>
<b>Tableau N°12</b>	Caractérisation granulométrique du sol au niveau des 08 régions d'étude.	<b>45</b>
<b>Tableau N°13</b>	Classification de sol é d'après l'échelle de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (AUBERT ,1978) ,au niveau des 08 régions d'étude.	<b>50</b>
<b>Tableau N°14</b>	Evaluation des eaux d'irrigation d'après la classification de ( Durand ,1958) ,au niveau des 08 régions d'étude.	<b>52</b>

<b>Tableau N°15</b>	Classification de sol d'après l'échelle de pH de l'extrait 1/5(SOLTNER,1989), des 08 régions d'étude.	<b>53</b>
<b>Tableau N°16</b>	Classification de L'eau d'irrigation, D'après l'appréciation de pH de l'eau (HEBERT, 1997) , au niveau des 08 régions d'étude.	<b>55</b>
<b>Tableau N°17</b>	Appréciation de la qualité de l'eau selon pH (HEBERT, 1997).	<b>Annexe N°06</b>
<b>Tableau N°18</b>	Classification de sol ( l'extrait 1/5) d'après le degré d'alcalinisation du sol (AUBERT ,1978) ,au niveau des 08 régions d'étude.	<b>59</b>
<b>Tableau N°19</b>	Classification de L'eau d'irrigation, D'après la classification de (l'U.S.S.L 1954) , au niveau des 08 régions d'étude.	<b>61</b>
<b>Tableau N°20</b>	Les valeurs de mesure de la conductivité électrique des extraits dilués et de l'eau d'irrigation de chaque stations au niveau des 08 régions d'étude.	<b>AnnexeN°08</b>
<b>Tableau N°21</b>	Les valeurs moyenne de mesure de la conductivité électrique des extraits dilués , de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude .	<b>AnnexeN°09</b>
<b>Tableau N°22</b>	Les valeurs de mesure de pH des extraits dilués et de l'eau d'irrigation de chaque stations au niveau des 08 régions d'étude.	<b>AnnexeN°10</b>
<b>Tableau N°23</b>	Les valeurs moyenne de mesure de pH des extraits dilués et de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude	<b>AnnexeN°11</b>
<b>Tableau N°24</b>	Les valeurs de mesure de sodium des extraits dilués ,de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.	<b>AnnexeN°12</b>
<b>Tableau N°25</b>	Les valeurs de mesure de calcaim des extraits dilués ,de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude	<b>AnnexeN°13</b>
<b>Tableau N°26</b>	Les valeurs de mesure de magnésium des extraits dilués ,de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude	<b>AnnexeN°14</b>



## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
<b>CE</b>	Conductivité électrique.
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène.
<b>RS</b>	Résidu sec.
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organisation.
<b>ha</b>	Hectare.
<b>%</b>	Pourcentage.
<b>ESP</b>	Taux de sodium échangeable.
<b>CEC</b>	Capacité des changes cationiques.
<b>CI</b>	Continental Intercalaire .
<b>CaSO4</b>	sulfaté-calcique.
<b>MgSO4</b>	sulfaté-magnésique.
<b>A.N.R.H</b>	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
<b>D.S.A</b>	surface agricole utilisé.
<b>Na+</b>	Sodium.
<b>SAR</b>	Sodium Adsorption Ratio.
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Magnésium.
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Calcium.
<b>V1</b>	volume verse de I' EDTANa <sub>2</sub> .
<b>VPE</b>	volume de prise d'essai.
<b>V</b>	volume verse total .
<b>Nbs</b>	Nombre du dilution.
<b>O.N.M</b>	Office National de Météorologie.
<b>Tm</b>	Température Moyenne Maximale.
<b>Tmoy</b>	Température Moyenne.
<b>TM</b>	Température Moyenne Maximale.

# ***TABLE DES MATIERES***

## *Introduction générale*

### ***PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE***

<b><i>Chapitre I : Salinité des sols</i></b>		
<b>I.1</b>	Définition de la salinité	<b>03</b>
<b>I.2</b>	Définition et dénomination des sols salés	<b>03</b>
<b>I.3</b>	Définition de la salinisation	<b>03</b>
<b>I.4</b>	Répartition des sols salés dans le monde	<b>04</b>
<b>I.5</b>	Répartition des sols salés en Algérie	<b>04</b>
<b>I.6</b>	Paramètres de caractérisations des sols salés	<b>05</b>
<b>I.6.1</b>	La conductivité électrique(CE)	<b>05</b>
<b>I.6.2</b>	La teneur en sodium échangeable (ESP)	<b>06</b>
<b>I.6.3</b>	Le sodium en solution (SAR)	<b>06</b>
<b>I.6.4</b>	pH du sol	<b>06</b>
<b>I.7</b>	Origine des sols salés	<b>07</b>
<b>I.7.1</b>	La Salinisation primaire ou naturelle	<b>07</b>
<b>I.7.1.1</b>	L'océan	<b>07</b>
<b>I.7.1.2</b>	La lithosphère	<b>07</b>
<b>I.7.1.3</b>	L'altération des minéraux	<b>07</b>
<b>I.7.1.4</b>	Les sels fossiles	<b>07</b>
<b>I.7.2</b>	La Salinisation secondaire	<b>08</b>
<b>I.8</b>	Echelle de la salinité	<b>08</b>
<b>I.9</b>	Classification des sols salés (C.P.C.S ,1967)	<b>09</b>
<b>I.9.1</b>	Sols salins (Solontchaks)	<b>09</b>

<b>I.9.2</b>	Sols salés à alcali (Solontchaks solonetz)	<b>09</b>
<b>I.9.3</b>	Sols à alcali (solonetz)	<b>09</b>
<b>I.10</b>	Effet de la salinité sur les propriétés du sol	<b>10</b>
<b>I.10.1</b>	Effet sur les propriétés physiques	<b>10</b>
<b>I.10.2</b>	Effet sur les propriétés physico-chimiques	<b>11</b>
<b>I.10.2</b>	1. pH (réaction du sol)	<b>11</b>
<b>I.10.2. 2</b>	Taux de sodium échangeable (ESP)	<b>11</b>
<b>I.10. 3</b>	Effet de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol	<b>11</b>
<b>I.10. 4</b>	Effet de la salinité sur de la salinité sur la plante	<b>11</b>
<b>I.11</b>	Salinisation des sols dans les régions arides	<b>12</b>
<b>I.12</b>	Mise en valeur des sols salés	<b>13</b>
<b>I.12.1</b>	La désalinisation des sols	<b>13</b>
<b>I.12.1.1</b>	Lessivage des sels	<b>14</b>
<b>I. 12.1.2</b>	apports d'amendements	<b>14</b>
<b>I. 12.1.3</b>	Techniques associées	<b>14</b>
<b><i>Chapitre II : Les eaux salines</i></b>		
<b>II.1</b>	Salinité des eaux	<b>15</b>
<b>II .2</b>	Caractéristiques des eaux d'irrigation	<b>15</b>
<b>II .2. 1</b>	Caractéristiques physiques	<b>15</b>
<b>II .2. 2</b>	Caractéristiques physico-chimiques	<b>15</b>
<b>II .3</b>	Classification des eaux d'irrigation	<b>16</b>
<b>II .3.1</b>	Diagramme de l'U.S.S.L modifié.	<b>16</b>
<b>II .3.1.1</b>	Salinité de l'eau.	<b>16</b>
<b>II .3.1.2</b>	Danger de l'alcalinisation du sol.	<b>17</b>
<b>II . 3.1.3</b>	Les classes d'eau.	<b>17</b>
<b>II .4</b>	Les problèmes liés à la qualité des eaux	<b>18</b>
<b>II .4.1</b>	Lutte contre la salinisation des sols liée aux d'irrigation	<b>18</b>
<b>II .4 .2</b>	Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique	<b>18</b>
	a- L'abaissement du niveau de la nappe grâce à .	<b>19</b>
	b- Le biodrainage .	<b>19</b>

<b><i>Chapitre III : La conductivité électrique</i></b>		
<b>III .1</b>	Principe de la conductivité électrique	<b>20</b>
<b>III .2.</b>	Méthode de mesure de la conductivité électrique	<b>20</b>
<b>III.2.1</b>	Technique de l'extrait saturé	<b>20</b>
<b>III.2.2</b>	Méthode de l'extrait dilué	<b>21</b>

## ***PARTIE II : MATERIEL ET METHODES***

<b><i>Chapitre IV : Matériel et méthodes</i></b>		
<b>IV.1</b>	Présentation des notre régions d'étude	<b>22</b>
<b>IV.1.1</b>	La localisation géographique	<b>22</b>
<b>IV.1.2</b>	Choix des régions d'étude	<b>22</b>
<b>IV.1.3</b>	Situation et les Limites géographiques des régions d'étude	<b>23</b>
<b>IV .1.4</b>	Hydrogéologie et pédologie	<b>24</b>
<b>IV .1.4.1</b>	Hydrogéologie	<b>24</b>
<b>IV .1.4.1.1</b>	La région de Ouargla	<b>25</b>
<b>IV .1.4.1.2</b>	La région d'Adrar	<b>25</b>
<b>IV .1.4.1.3</b>	La région de Biskra	<b>25</b>
<b>IV .1.4.1.4</b>	La région de EL Oued	<b>26</b>
<b>IV .1.4.1.4. 1</b>	Vallée du Souf et périphérie	<b>26</b>
<b>IV .1.4.1.4.2</b>	Vallée d'Oued Righ	<b>27</b>
<b>IV .1.4.1.5</b>	La région de Ghardaïa	<b>27</b>
<b>IV .1.4.1.6</b>	La région de Tindouf	<b>27</b>
<b>IV .1.4.1.7</b>	La région de Illizi	<b>27</b>
<b>IV .1.4.1.8</b>	La région de Tamanrasset	<b>28</b>
<b>IV .1.4.2</b>	La pédologie	<b>28</b>
<b>IV .1.4.2.1</b>	La région de Ouargla	<b>28</b>
<b>IV .1.4.2.2</b>	La région de Adrar	<b>28</b>

<b>IV .1.4.2.3</b>	La région de Biskra	<b>29</b>
<b>IV .1.4.2.4</b>	La région de EL Oued	<b>29</b>
<b>IV .1.4.2.5</b>	La r égion de Ghardaïa	<b>29</b>
<b>IV .1.4.2.6</b>	La région de Tindouf	<b>29</b>
<b>IV .1.4.2.7</b>	La région de Tamanrasset	<b>29</b>
<b>IV .1. 5</b>	Climatologie	<b>31</b>
<b>IV .1. 5. 1</b>	Données brutes	<b>31</b>
<b>V .1. 5. 1. 1</b>	La Températures	<b>31</b>
<b>IV .1. 5. 1. 2</b>	La pluviosité	<b>32</b>
<b>V .1. 5. 1. 3</b>	Evaporation	<b>33</b>
<b>IV .1. 5. 2</b>	Synthèse des données climatiques	<b>34</b>
<b>IV .1. 5. 2.1</b>	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	<b>34</b>
<b>IV .1. 5. 2.2</b>	Climagramme d'Emberger	<b>46</b>
<b>IV.2</b>	Techniques des analyses physique et physico-chimiques du sol et de l'eau d'irrigation des 08 régions d'étude.	<b>39</b>
<b>IV . 2. 1</b>	Prélèvement et échantillonnage du sol et de l'eau d'irrigation	<b>39</b>
<b>IV . 2. 2</b>	Les méthodes utilisées	<b>41</b>
<b>IV . 2. 2.1</b>	La Granulométrie (Méthode de tamisage)	<b>41</b>
<b>IV . 2. 2.2</b>	Méthode de mesure de la conductivité électrique	<b>41</b>
<b>IV . 2. 2.2.1</b>	Conductivité électrique de l'extrait dilué	<b>42</b>
<b>IV . 2. 2.2.2</b>	Conductivité électrique de l'extrait saturé	<b>42</b>
<b>IV . 2. 2.3</b>	Détermination de pH	<b>43</b>
<b>IV . 2. 2.4</b>	Détermination du SAR	<b>43</b>
<b>IV . 2. 2.4. 1</b>	Dosage des cations solubles ,Calcium et de sodium	<b>43</b>
<b>IV . 2. 2.4.2</b>	Dosage de Magnésium	<b>44</b>

## ***PARTIE III :RESULTATS ET DESCUSSIONS***

<b><i>Chapitre V :Résultats et discussions</i></b>		
<b>V.1</b>	Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques	<b>45</b>
<b>V.1.1</b>	Résultat des analyses physico-chimiques du sol au niveau des 08 régions d'étude	<b>45</b>
<b>V.1.1.1</b>	Granulométrie	<b>45</b>
<b>V.1.1.2</b>	Conductivité électrique au niveau des 08 régions d'étude	<b>46</b>
<b>V.1.1.2. 1</b>	Conductivité électrique des extraits dilués et de la pâte saturée	<b>46</b>
<b>V.1.1.2. 2</b>	La conductivité électrique de l'eau d'irrigation	<b>51</b>
<b>V.1.1.3</b>	Le pH au niveau des 08 régions d'étude	<b>52</b>
<b>V.1.2.3.1</b>	Le pH de l'extraits dilués (1/2,5, 1/5)	<b>52</b>
<b>V.1.1.3.2</b>	Le pH de l'eau d'irrigation	<b>54</b>
<b>V.1.1.4</b>	Le SAR de la solution du sol et de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude	<b>55</b>
<b>V.1.1.4.1</b>	Le SAR des extraits dilués (1 /1 , 1/2.5 ,1/5, 1/10) et de la pâte saturée	<b>55</b>
<b>V.1.1.4.2</b>	Le SAR de l'eau d'irrigation	<b>60</b>
<b>V.1.2</b>	Etude de quelques corrélations	<b>63</b>
<b>V.1.2.1</b>	Corrélation entre la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10) du sol et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation	<b>63</b>
<b>V.1. 2. 2</b>	Corrélation entre la conductivité électrique de l'eau d'irrigation et la conductivité électrique de la pâte saturée du sol	<b>64</b>
<b>V.1. 2. 3</b>	Corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée et la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10)	<b>65</b>
<b>V.2</b>	Discussion générale	<b>66</b>

### ***Conclusion générale***



*Introduction générale*

### Introduction générale

Les sols salés constituent un trait caractéristique des paysages de la zone aride. En Afrique de Nord, la combinaison entre un passé géologique favorable au stockage des sels, l'aridité du climat, l'hydrographie, l'hydrogéologie et l'irrigation mal contrôlée font de la salinisation des sols une menace permanente (AUBERT, 1976; HULIN, 1983).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Selon la FAO et les estimations les plus récentes, la salinisation des terres affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (LEGROS, 2009). Près de 50% de terre irriguée salinisé se trouve dans les zones arides.

En fait, le taux élevé de sel dans les sols ou les eaux d'irrigation est une préoccupation environnementale majeure et un problème sérieux pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides (BAATOUR *et al.* 2004).

Elle résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (MUNNS *et al.*, 2006). D'après MESSEDI et ABDELLY (2004), l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques, et à l'irrigation mal contrôlée contribuent également à aggraver le problème de salinisation du sol.

L'Algérie est l'un des pays où la salinisation des sols concerne de très importantes surfaces, notamment dans les périmètres irrigués du sud Algérien.

Ce problème est lié le plus souvent à des processus naturels tels que les conditions arides où l'évaporation est considérable, et les précipitations limitées.

Dans tous les cas où cela est possible, pour définir la salinisation d'un sol, il est préférable d'extraire la solution du sol et de mesurer directement la conductivité électrique (CE). Cette mesure, rapide et fiable permet d'estimer la charge globale en sels de la solution.

Si la solution du sol ne peut pas être extraite, on estime sa conductivité électrique, à partir d'un modèle de calcul et de valeurs de CE mesurées au laboratoire sur des extraits aqueux (extrait 1/5 et extrait de la pâte saturée)



## Introduction générale

---

Pour caractériser la salinité des sols, on met habituellement l'accent sur la détermination de la composition ionique, soit d'une pâte saturée en eau distillée (méthode de RICHARD (1954), soit d'une solution d'extraction aqueuse en prenant soin de veiller à ce que le rapport sol/eau soit constant (1/ 5 ou 1/ 10) exprimée en dS/ m à 25°C (HALITIM, 1988).

Toutefois, la technique de l'extrait saturée paraît une méthode de référence car elle a été utilisée dans la plupart des travaux concernant la salinité et les risques de salinisation et a été choisie pour l'élaboration des principales tables de tolérance des cultures vis-à-vis de la salinité (BERNESTEIN et FRANCOIS, 1965 ; MAAS et HOFFMAN, 1977).

Notre travail s'inscrit dans ce contexte dans la mesure où il vise comme premier objectif, la détermination de la salinité totale du sol par la technique de mesure de la conductivité électrique dans l'extrait de la pâte saturée et des différents extraits dilués (1 /1 , 1/2.5 ,1/5, 1/10).

Et comme deuxième objectif, l'élaboration de la relation entre la conductivité électrique du sol et celle de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'études situées au sud de l'Algérie.

Cette étude comporte trois grandes parties :

- \* La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique traitant trois chapitres essentiels : Salinité des sols, les eaux salines et la Conductivité électrique.

- \* La deuxième partie illustre le matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.

- \* Enfin, la troisième et la dernière partie est consacrée à la discussion des résultats obtenus.

Enfin on terminera par une conclusion.



*PARTIE I*  
*BIBLIOGRAPHIE*

# *Chapitre I*



## *Salinité des sols*

## Chapitre I

### Salinité des sols

#### I.1. Définition de la salinité

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans «la solutions du sol» (IMALAT, 1979). Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (KHALE et BAAZIZ, 2006).

La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (CARTER, 1975). Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations des sels (SUN, 2007).

#### I.2. Définition et dénomination des sols salés

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles -plus solubles que le gypse- ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions provenant des ces sels est susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure, qu'ils rendent diffusent (AUBERT, 1976).

#### I.3. Définition de la salinisation

La salinisation est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salin. La salinisation peut aussi être défini comme un processus d'accumulation des sels solubles.

D'après (MERMOUD, 2006), la salinisation est un processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol, il s'en suit une diminution des rendements, et à terme, une stérilisation du sol.

#### I.4. Répartition des sols salés dans le monde

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. De l'ensemble des sols cultivés du monde, 23 % sont affectés par des problèmes de salinité (Keren, 2000).

En fait, les sols salins couvrent 397 millions d'hectares et les sols sodiques 434 millions d'hectares (FAO, 2005). Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (DURAND, 1983).

**Tableau N°01** : Extension globale de la salinité secondaire dans le monde, superficie en million d'hectare.

Continent	Salinité légère	Salinité modérée	Salinité forte	Salinité extrême	Total
Afrique	4.7	7.7	2.4	-	14.8
Asie	26.8	8.5	17.0	0.4	52.7
Amérique	2.1	1.8	0.5	0	4.4
Europe	1	2.3	0.5	0	3.8
Australie	-	0.5	-	0.4	0.9
Total	34.6	20.8	20.4	0.8	76.6

(GHASSEMI *et al.*, 1995).

#### I.5. Répartition des sols salés en Algérie

Selon DURAND (1958), en Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptibles de l'être.

Les sols salins sont très répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de Mina près de Relizane, dans le bas Chelif, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine, aux bords de certains comme le Chott Melghir.

Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà.

**Tableau N°02:** Classement des Wilayas touchées par la salinité en fonction de pourcentage de la S.A.U.

Wilayas	S.A.U (ha)	Superficie affectée par la salinité	% de la S.A.U affecté par la salinité
Tamanrasset	2510	1445	57.57
Ouargla	17390	9850	56.64
Ghardaïa	7930	3284	41.41
Bechar	13250	2249	16.97
Illizi	570	60	10.53
Djelfa	67760	6250	9.22
Relizane	241670	20000	8.28
Ain temouchent	18350	15000	8.14
Tébessa	231750	13000	5.61
Adrar	14990	780	5.20
Biskra	151530	7272	4.80
Khanchla	177900	4480	2.52
Mascara	328740	6475	1.97
Alger	7940	150	1.89
Mostaganem	131730	1977	1.50
Naama	4150	62	1.49
Laghouat	487740	800	1.48

(BENZELLAT et BENMAHAMMED ,2011).

## I.6. Paramètres de caractérisations des sols salés

### I.6.1. La conductivité électrique(CE)

La présence d'ions en solution est à l'origine d'une conductivité électrique ; c'est pourquoi cette propriété est utilisée pour caractériser les sols.

Plus la quantité des sels dissous est grande et plus la CE de la pâte saturée est grande (CALVET, 2003) .Généralement ,là CE s'exprime en dS /m à 25C°.

### I.6.2. La teneur en sodium échangeable (ESP)

C'est le taux de saturation du complexe absorbant en sodium échangeable.

On a :  $ESP = Na^+ / CEC \times 100$

(Na<sup>+</sup> : exprimé en meq/100 g)

(CEC : exprimé en meq/ 100g) (CALVET, 2003).

### I.6.3. Le sodium en solution (SAR)

Il s'agit également d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau d'alcalinisation de la solution du sol, Il est exprimé par la relation suivante: (Tableau N°0 3) (Annexe N° 01) .

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} ; (Na^+; Mg^{++}; Ca^{++}) \text{ méq/l} \quad (\text{CALVET, 2003})$$

### I.6.4. pH du sol

Le pH du sol est une notion permettant de façon commode et précise de désigner la réaction du sol. Le pH est une expression logarithmique de l'acidité d'une solution. Il est mesuré par un pH mètre à électrode en verre, préalablement étalonnée à l'aide d'une solution tampon de pH connu sur des extraits aqueux au 1/5 de la solution du sol. Dans les zones arides, la gamme relative aux sols s'étend d'un pH légèrement inférieur à 7 à un pH d'environ 9 (BUCKMAN et al., 1965 in BACI., 1982).

**Tableau N°04:** Echelle d'interprétation des résultats du pH de l'extrait 1/5 aqueux.

pH	Classe de sol
5 à 5,5	Très acide
5,5 à 5,9	Acide
5,9 à 6,5	Légèrement acide
6,5 à 7,2	Neutre
7,2 à 8	Alcalin
>8	Très alcalin

(SOLTNER ,1989) .

## **I.7. Origine des sols salés**

D'après CHERBUY (1991), la salinisation d'un milieu implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire.

### **I.7.1. La Salinisation primaire ou naturelle**

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de «primaire». Quatre sources principales de sels risquant de s'accumuler dans les sols peuvent être identifiés (STENGEL et GELIN, 1998, in ROUAHNA,2006).

#### **I.7.1.1. L'océan**

Par l'intermédiaire de l'atmosphère, qui peut véhiculer des sels dissous dans l'eau de pluie, mais surtout de très fines particules hygroscopiques sous forme d'aérosols (STENGEL et GELIN, 1998).

#### **I.7.1.2. La lithosphère**

Du fait de l'altération des roches constituant les îles océaniques ou la croûte continentale (BOURRIER et LELONG, 1994).

#### **I.7.1.3. L'altération des minéraux**

Est la source naturelle dominante (CALVET, 2003). Leur intensité est maximum lorsque le drainage permet de renouveler les solutions d'attaque et d'évacuer les produits dissous (BOURRIER et LELONG, 1994).

#### **I.7.1.4. Les sels fossiles**

C'est l'origine principale des phénomènes de salinisation primaire observée à travers le globe. Il peut s'agir soit de niveaux évaporatiques (roches), soit des solutions des sols salés emprisonnées dans des sédiments d'origine marine (STENGEL, GELIN, 1998).



### **I.7.2. La Salinisation secondaire**

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires». L'irrigation est la principale cause anthropique de la salinisation des sols (ANONYME,2006).

Dans environ la moitié des situations, le développement de l'irrigation s'est accompagné de l'apparition de processus de salinisation, sodisation ou alcalinisation des sols d'importance variable.

Si les situations apparaissent très diverses en raison des caractéristiques du milieu naturel, des pratiques agricoles ou de la gestion de l'eau, ces dégradations ne sont pas inéluctables et apparaissent pour l'essentiel comme la résultante de mode de gestion inappropriée des ressources en sol et en eau.

L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire; cet apport est toujours associé à un apport de sels.

En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous, et si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (MARLET, 2005).

### **I.8. Echelle de la salinité**

Les échelles de salinité des sols ont été mises au point à des fins agronomiques. Lorsque l'on considère les sols avec des conductivités électriques supérieures à 8dS/m on sait que la plupart des plantes cultivées dans ces conditions voient leurs rendements nettement affectés par la salinité, sachant que déjà à partir de 4dS/m la situation est défavorable pour plusieurs types de cultures.

Au de-là de 16 dS/m, seuls des végétaux résistants peuvent croître normalement dans de tels milieux salés (CLEMENT et FRANCOISE ,2009).

**Tableau N°05** : Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5.

Conductivité électrique (dS/m à 25°C)	Degrés de la salinité
< 0.6	Sol non salé
0.6 < CE < 1, 2	Sol peu salé
1,2 < CE < 2.4	Sol salé
2.4 < CE < 6	Sol très salé
> 6	Sol extrêmement salé

(AUBERT, 1978).

## I.9. Classification des sols salés (C.P.C.S ,1967)

### I.9.1. Sols salins (Solontchaks)

Ce sont des sols qui ont une conductivité d'extrait de pâte saturée à 25°C supérieure à 4 dS /m et dans lesquels le E.S.P est inférieur à 15 % de la CEC, le pH est généralement inférieur à 8.5.

Les Solontchaks ont une grande extension dans les zones sahariennes où ils s'extériorisent par des efflorescences blanches à la surface des sols et parfois par une véritable croûte saline (SERVANT, 1970 ; HALITIM, 1973).

### I.9.2. Sols salés à alcali (Solontchaks solonetz)

Dans ce type de sol, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée à 25°C est supérieure à 4 dS /m et le E.S.P est supérieur à 15 % de la CEC. Le pH est supérieur à 8.5 ( SERVANT, 1970 ; HALITIM, 1973) .

### I.9.3. Sols à alcali (solonetz)

Ils se caractérisent par une quantité élevée en Na<sup>+</sup> échangeable suffisamment importante pour provoquer la destruction de la structure (E.S.P supérieur à 15 % de la CEC). La conductivité électrique est faible et ne dépasse pas 4 dS/m.

Le pH élevé caractérisant ces sols (entre 8.5 – 10), permet la dissolution de la matière organique en donnant une couleur noire, d'où l'apparition du salant noir dans les régions sahariennes.

Les cations  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  se précipitent, ce qui explique la pauvreté de ces sols en éléments chimiques (SERVANT, 1970 ; HALITIM, 1973) .

Les caractéristiques physico-chimiques de ces classes sont mentionnées dans le tableau N°06.

**Tableau N°06:** Classification des sols salés.

	<b>Sols salins (Solontchaks)</b>	<b>Sols salés à alcalis (Solontchaks Solonetz)</b>	<b>Sols alcalins (Solonetz)</b>
<b>CE dS/m (à 25C°)</b>	<b>&gt; 4dS/m</b>	<b>&gt; 4dS/m</b>	<b>&lt; 4dS/m</b>
<b>PH</b>	<b>&lt; 8.5</b>	<b>&lt; 8.5</b>	<b>&gt; 8.5</b>
<b>ESP (%CEC)</b>	<b>&lt; 15 %</b>	<b>&gt; 15 %</b>	<b>&gt; 15 %</b>

(SERVANT,1970 ; HALITIM, 1973).

## **I.10. Effet de la salinité sur les propriétés du sol**

L'excès de sel dans un sol modifie les propriétés physiques, physico-chimiques et microbiologiques du sol. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (GEGORY, 2005).

### **I.10.1. Effet sur les propriétés physiques**

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par conséquent:

- ✓ Structure dégradée;
- ✓ Réduction de la perméabilité et l'aération;
- ✓ Mauvaise stabilité structurale;
- ✓ Faible disponibilité de l'eau à la plante (HALITIM, 1973; DUCHUFFOUR, 1976; HUNIN, 1981).

### **I.10.2. Effet sur les propriétés physico-chimiques**

La présence d'un taux élevé de sels peut entraîner une augmentation de la CE qui dépasse 4 dS/m. La salinité peut augmenter le pH dans le cas du sol sodique qui dépasse 8,5 (MATHIEU *et al.*, 2007).

#### **I.10.2. 1. pH (réaction du sol)**

La réaction du sol est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ), d'autres sont alcalinisant ( $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ ) (OUSTANI, 2006).

#### **I.10.2. 2. Taux de sodium échangeable (ESP)**

Le taux de sodium échangeable à une grande importance dans les sols alcalins, vu que ces derniers retiennent de faible concentration en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve sous la forme échangeable.

Tandisque, dans le cas des sols salés, la grande partie de sodium se trouve dans la solution du sol (OUSTANI, 2006).

### **I.10. 3. Effet de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol**

La teneur excessive en sel présente dans les sols un impact adverse sur les populations microbiennes et sur leurs activités.

La concentration de la solution en sels entraîne une augmentation de la pression osmotique. Celle-ci inhibe le développement des micro-organismes.

Par ailleurs, ces sols sont défavorables pour la vie des micro-organismes en raison de la présence des ions toxiques et de leur pH très basique ainsi que leur structure asphyxiante (OUSTANI, 2006).

### **I.10. 4. Effet de la salinité sur de la salinité sur la plante**

L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (MUNNS, 1983).

Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale (ASHRAF & HARRIS, 2004).

### I.11. Salinisation des sols dans les régions arides

En zones arides, la salinité des sols est quasiment tout le temps liée à l'irrigation des terres cultivables. Aborder le thème de la salinité dans ces zones c'est donc s'intéresser en particulier aux pratiques d'irrigation.

La salinisation peut s'expliquer, entre autre par le fait que bien souvent en zones arides, les lieux d'implantation des périmètres irrigués se trouvent sur des zones où l'eau utilisée n'est pas de très bonne qualité (plus ou moins chargée en sels) ou si elle l'est, se trouve détournée pour la consommation courante et exponentielle des villes (BOUCHOUKH, 2009).

Deux causes seront plus particulièrement responsables de la salinisation des sols dans la région aride: l'utilisation d'eau chargée en sels pour l'irrigation et la remonté de nappe par déversement excessif d'eau sur les terres à irriguer :

- Utilisation d'eau trop chargée en sels : dans les régions arides, l'eau de pluie ne peut pas être considérée comme étant la source principale pour la plante, ses effets étant aléatoires.

En raison de l'irrégularité du climat, la réussite des productions végétales dans ces régions dépend de l'eau souterraine (SNOUSSI et HALITIM, 1998).

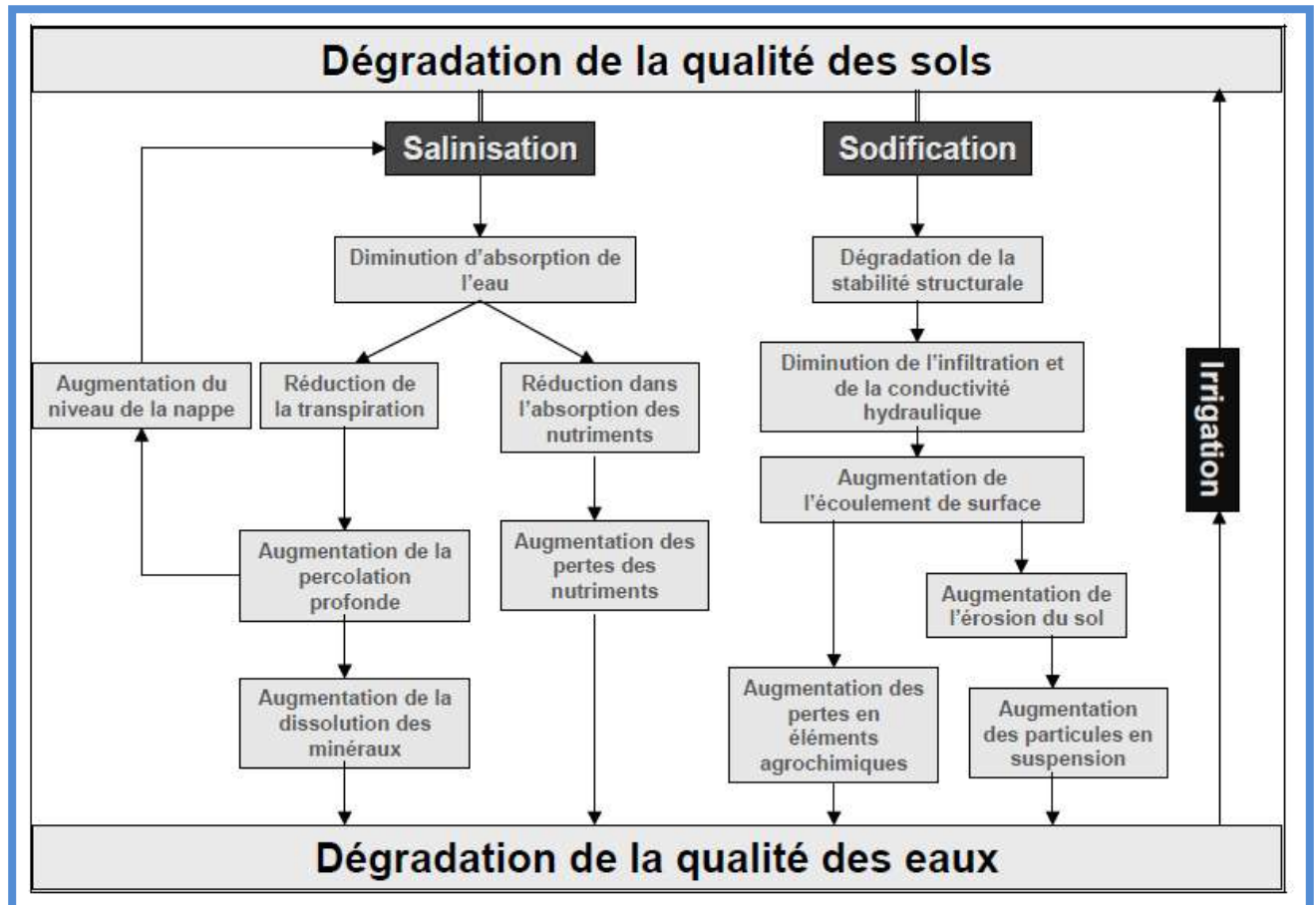
Lorsque ce dernier est la seule source disponible pour l'irrigation, sa trop grande salinité peut causer une accumulation de sels dans la zone racinaire des cultures. Ce phénomène est généralement accentué lorsque le drainage interne du sol est restreint et que le lessivage (soit par les pluies, soit par les doses d'eau appliquées) est inadéquat.

- Les quantités d'eau excessives déversées sur les cultures pour satisfaire leur besoin en évapotranspiration.

Ces les quantités d'eau ajoutées en excès dans la nappe vont élever la hauteur de cette dernière où vont créer une nappe perchée. Dès que la hauteur de la nappe se trouve à un ou deux mètres de la surface du sol, elle peut contribuer activement à l'évaporation de l'eau du sol, et ainsi à la salinisation de la zone racinaire des cultures par accumulation de sels.

Ces problèmes de salinisation peuvent être encore accentués lorsque la nappe est déjà relativement haute, ce qui est généralement le cas en zones arides (MAILLARD, 2001).

Le processus de dégradation du sol lié à l'eau d'irrigation est présenté dans la figure N° 01.



**Figure N° 01** : Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation. (LAHLOU *et al.*, 2002).

## I.12. Mise en valeur des sols salés

La mise en valeur des terrains salés peut être réalisée de la manière suivante

### I.12.1. La désalinisation des sols

Elle peut s'effectuer principalement par :

### **I.12.1.1. Lixiviations des sels**

Consiste à éliminer les sels solubles par un lavage en utilisant des doses d'irrigations majorées d'une fraction lessivant. L'installation d'un réseau de drainage s'avère indispensable (HAMMIA ,2012) .

### **I. 12.1.2. apports d'amendements**

Selon DOGAR (1980), l'élimination de sels solubles ne résout pas toujours le problème parce que le  $\text{Na}^+$  échangeable habituellement persiste, pour cela il faut penser à substituer les composants chimiques en question, fixée sur le complexe adsorbant.

De ce fait des produits minéraux (gypse) et organiques (Amendements organiques) utilisés comme source de substituant peut donner des résultats encourageant.

### **I. 12.1.3. Techniques associées**

Il s'agit des techniques d'amélioration physique du sol (Exemple; labour profond, ...etc.) dont le but est d'enlever les couches imperméables proches de la surface (croue gypseuse et dalle calcaire). Pour conséquence augmenter la couche exploitée par les racines de la plante.

Par exemple, la réhabilitation des sols salins peut débuter par la mise en place d'un drainage efficace et l'utilisation d'une eau d'irrigation de bonne qualité pour abaisser les teneurs en sels solubles.

Certains sols salins-sodiques et sodiques peuvent être remis en valeur par l'apport de gypse ( $\text{CaSO}_4$ ) suivi par un lessivage du sodium. D'autres méthodes se basent sur l'amendement des sols en matières organiques et en en sable pour diminuer le problème de la salinité du sol.

L'utilisation des plantes tolérantes et/ou résistantes à la salinité peut être également envisagée pour résoudre le problème de la salinité du sol (HAMMIA ,2012) .

# *Chapitre II*



## *Les eaux salines*



## Chapitre II

### Les eaux salines

#### II.1. Salinité des eaux

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

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.

Selon FABY(1997), deux catégories de conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation sur les plantes:

- ✓ Les dommages vis-à-vis des sols et donc, indirectement, vis-à-vis des rendements culturaux, .
- ✓ Les dommages causés aux cultures.

#### II .2. Caractéristiques des eaux d'irrigation

La qualité d'une eau d'irrigation est déterminée par les caractéristiques physiques et chimiques suivantes :

##### II .2. 1. Caractéristiques physiques

La température son rôle est primordial, la température optimale semble se situer autour de  $25\text{C}^\circ$  pour la plupart des plantes pendant la période active de la végétation.

Une eau trop chaude ou trop froide peut donner lieu à des accidents notamment avec les jeunes plantes (ABDELAZIZ, 1998 In GOUAREH.H 2006).

##### II .2. 2. Caractéristiques physico-chimiques

D'après BOULAIN (1978); F.A.O (1988), la détermination de la qualité chimique des eaux se base sur :

- ✓ La concentration totale en sels dissous (exprimé en C.E) .

- ✓ Le rapport du sodium aux autres cations (exprimé par le S.A.R).
- ✓ La présence du bore et d'autres éléments toxiques.
- ✓ Parfois la qualité de carbonate par rapport à celle de la somme.

La concentration et la qualité des sels des eaux d'irrigation varient selon l'origine de ces eaux (pluies, oueds, fleuves, eaux souterraines....) (ABDELAZIZ, 1998In GOUAREH,H 2006).

### II .3. Classification des eaux d'irrigation

La classification des eaux irrigation tient compte des conditions d'utilisation de ces eaux et des caractéristiques du sol telle que le taux d'infiltration (DAURAND, 1983).

#### II .3.1. Diagramme de l'U.S.S.L modifié.

Le diagramme de l'U.S.S.L (1954) modifier par DURAND (1985) est établi essentiellement sur la base des observations réalisées en Afrique du nord, cette classification suppose des conditions correctes de cultures, un bon drainage et des sols suffisamment perméables.

Ce diagramme se base sur la salinité de l'eau (CE à 25°C) et le danger d'alcalinisation des sols exprimés par le S.A.R.

##### II .3.1.1 Salinité de l'eau.

D'après DURAND (1958), ce caractère permet de déterminer cinq classes d'eau.

- ✓ C1 : C.E < 0,250 dS/m , eau non saline.
- ✓ C2 : 0,250<C.E<0,750 dS/m , eau à salinité moyenne.
- ✓ C3 : 0,750<C.E<2,250 dS/m, eau à fort salinité.
- ✓ C4 :2,250< C.E <5 dS/m, eau à très forte salinité.
- ✓ C5 : C.E > 5 dS/m, eau à salinité excessive. (Tableau N°07) (Annexe N° 02 )

### II .3.1.2. Danger de l'alcalinisation du sol.

En fonction d'alcalinisation des sols, quatre classes ont été distinguées par l'U.S.S.L,1954), ces classes ne sont pas délimitées par des valeurs absolues mais par des droites à pente négatives en fonction de la salinité.

Donc cette classification tient aussi compte non seulement du S.A.R mais aussi de la quantité totale des sels dissous dans l'eau (BEN BRAHIM, 2000)

Le S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad \text{avec } (Na^+, Ca^{++} \text{ et } Mg^{++}) \text{ en meq/l}$$

□ **S1 : S.A.R < 10** : l'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation dans presque tous les sols sans qu'il y ait des difficultés d'alcalinisation.

□ **S2 : 10 < S.A.R < 18** : l'eau contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelque difficulté dans les sols à texture fine. Si le sol contient du gypse ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.

□ **S3 : 18 < S.A.R < 26** : contenant une quantité élevée de sodium, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage et lessivage important.

□ **S4 : S.A.R > 26** : les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendement analogues permet l'utilisation. (GULHATI, 1976 in GUARCH.H, 2006).

### II . 3.1.3. Les classes d'eau.

Il ya 20 classes d'eau dans le diagramme de (l'U.S.S.L ,1954) dont la qualité pour l'irrigation varie en fonction de la salinité et de la sodicité en même temps (Tableau N°08) ( Annexe N° 03).

## II .4. Les problèmes liés à la qualité des eaux

Les problèmes engendrés par l'utilisation des eaux chargées en sels prouvent être résumés comme suit :

- ✓ Des phénomènes de toxicité des sels vis-à-vis végétaux.
- ✓ Une augmentation de la pression osmotique qui peut freiner voir même arrêter l'absorption de l'eau par la plante.
- ✓ Une dégradation des caractéristiques du sol : perte de la structure, baisse de perméabilité avec le risque d'asphyxie des racines qui en résultent.
- ✓ Un risque de contamination des eaux souterraines si celle ne sont pas salées au préalable. (BEN BRAHIM, 2001).

### II .4.1. Lutte contre la salinisation des sols liée aux d'irrigation

Plusieurs mesures préventives peuvent être prises pour diminuer le processus de la salinisation du sol liée à l'eau d'irrigation. Parmi ces mesures en cite :

- ✓ La prévention par le drainage des terres irriguées permet d'éviter la concentration des sels qui diminueraient les potentialités productives des terres irriguées ;
- ✓ L'augmentation de la fréquence des irrigations et l'accroissement de l'apport d'eau aux plantes en considérant les besoin de lessivage et/ou l'association de différentes sources d'eau ;
- ✓ Vérification de la qualité de l'eau d'irrigation ; (HAMMIA ,2012).

### II .4 .2. Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique

La résolution du problème de la salinisation du sol liée à la remontée de la nappe exige :

**a- L'abaissement du niveau de la nappe grâce à .**

- ✓ La surélévation des terres.
- ✓ Un système de drainage artificiel souterrain horizontal.
- ✓ La réhabilitation par modification des pratiques culturales: jachère et travail du sol, utilisation de plantes résistantes à la salure.

**b- Le biodrainage , (HAMMIA ,2012).**

## ***Chapitre III***

*La conductivité électrique*

## Chapitre III

### La conductivité électrique

#### III .1. Principe de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution du sol est un indice des teneurs en sels solubles dans ce sol, elle exprime approximativement la concentration des solutés ionisables présents dans l'échantillon, c'est-à-dire son degré de salinité, cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance (inverse de la résistance électrique, ohm  $\Omega$ ) d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs de charges électriques augmentent.

En science du sol, la conductivité électrique (CE) est exprimée en mmho/cmou dS/m (mmho=millimho, S=siemens) à une température de 25C°.

La conductivité électrique est la conductance mesurée dans des conditions spécifiques entre les faces opposées d'un cube unité matérialisé par une cellule conductimétrique composée de deux électrodes de 1 cm<sup>2</sup> de surface distantes de 1cm (MATHIEU et PIELTAIN, 2009).

#### III .2. Méthode de mesure de la conductivité électrique

Pour extraire les sels solubles et apprécier la salinité du sol, deux méthodes peuvent être utilisées:

##### III.2.1. Technique de l'extrait saturé

Etant donné que la concentration des sels dans un sol est fonction de la teneur en eau, on est obligé de se référer à des conditions standards d'humidité, pour pouvoir obtenir des résultats comparables entre eux.

C'est pourquoi on utilise généralement l'extrait saturé. L'extrait de la pâte saturée est une technique qui a été proposée par (L'U.S.SL ,1954).

Cette méthode consiste à faire sécher l'échantillon de sol, le broyer, le tamiser à 2mm et le porter à saturation par addition d'eau distillée.

C'est donc, préparer une pâte caractéristique dont on extraira la solution par centrifugation ou aspiration sous vide.

C'est sur l'extrait ainsi obtenu que se fait la mesure de la conductivité électrique rapportée à la température standard de 25°C.

### **III.2.2. Méthode de l'extrait dilué**

Les extraits dilués sont au 1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10 du rapport sol/eau distillée, par cette méthode, l'extraction est rapide, mais les solutions sont moins représentatives de la solution du sol (BENZAHI, 1994).

Selon AUBERT (1978) , un sol est considéré salé, lorsque la conductivité électrique de son extrait dilué 1/5 est supérieure ou égale à 2dS/m.





*PARTIE II*

*Matériel et Méthodes*

# *Chapitre IV*



## *Matériel et Méthodes*

## Chapitre IV

### Matériel et méthodes

#### IV.1. Présentation des notre régions d'étude

##### IV.1.1. La localisation géographique

Le Sahara est le plus grand des déserts, mais également le plus expressif et typique par son extrême aridité, c'est -à- dire celui dans lequel les conditions désertique atteignent leur plus grande austérité (TOUTAIN ,1979 ; OZENDA ,1991).

Il s'étend a travers le tiers septentrional de l'Afrique, de l'Atlantique a la Mer Rouge, sur une surface total de 08 millions de Km2 (LEHOUEIROU, 1990) .

##### IV.1.2. Choix des régions d'étude

Nous avons choisi 08 régions d'étude , situées dans le Sud de l'Algérie, les échantillons du sol ont été prélevés de trois stations au niveau de chaque région .

Par contre pour la région de Tindouf, on a pris une seul station, ou on a réailsés trois répétition.

Dans chaque station on prend trois répétitions pour homogénéisations des notre échantillons, Ces stations sont représentées par des sols cultivés dans les 08 régions suivantes : (Annexe N°08 , N°10 ) .

- ✓ Région d'Ouargla .
- ✓ Région d'El Oued.
- ✓ Région de Ghardaïa.
- ✓ Région de Biskra.
- ✓ Région de Tindouf.
- ✓ Région d'Illizi.
- ✓ Région d'Adrar.
- ✓ Région de Tamanrasset.

Le choix de ces stations a été basé sur les critères suivants :

- Situation en milieu Saharien.
- Sols cultivés.
- Teneurs variables en sels.

IV.1.3. Situation et les Limites géographiques des régions d'étude

Les 08 régions d'études choisies appartiennent à la région Saharienne (Figure N° 02).

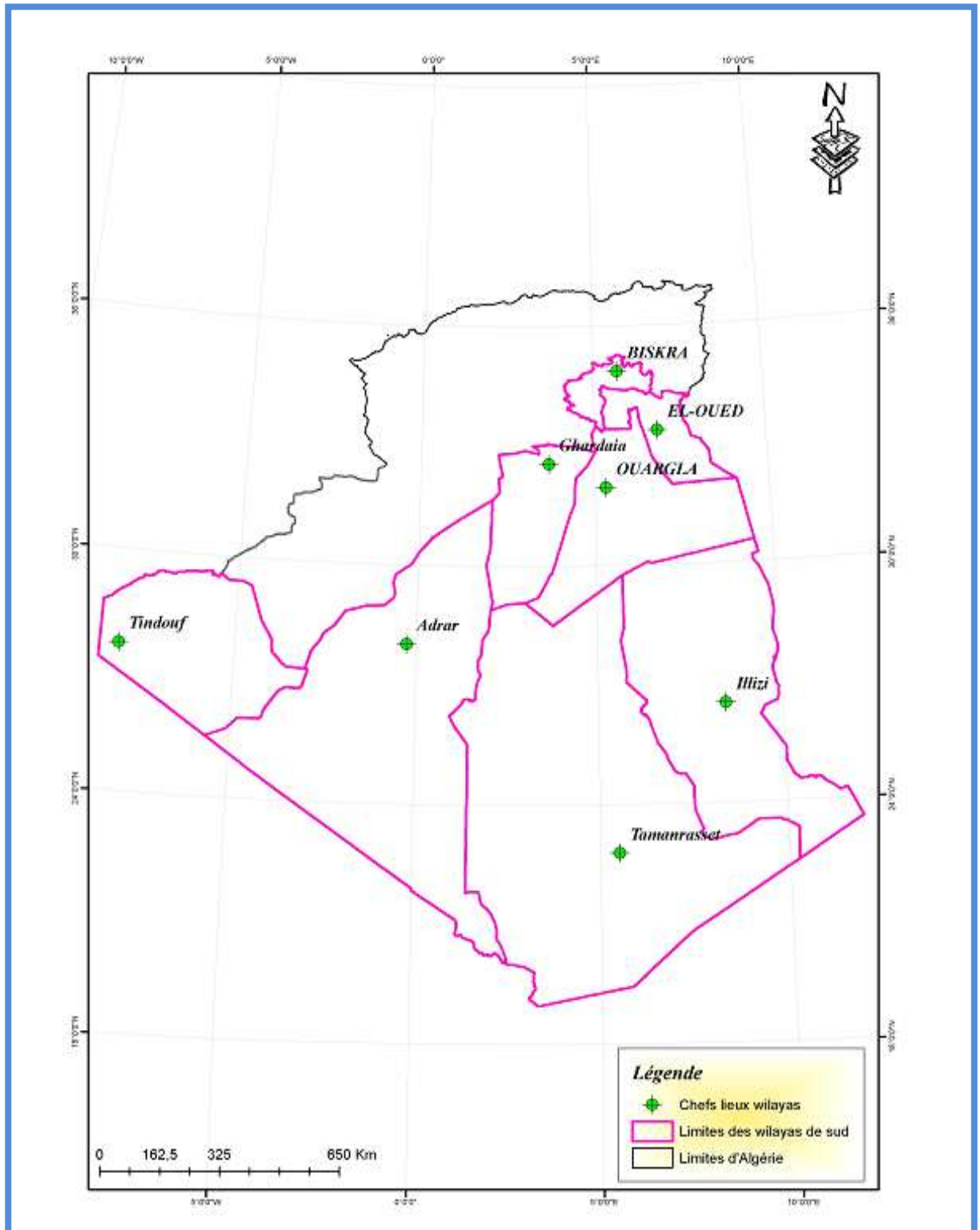
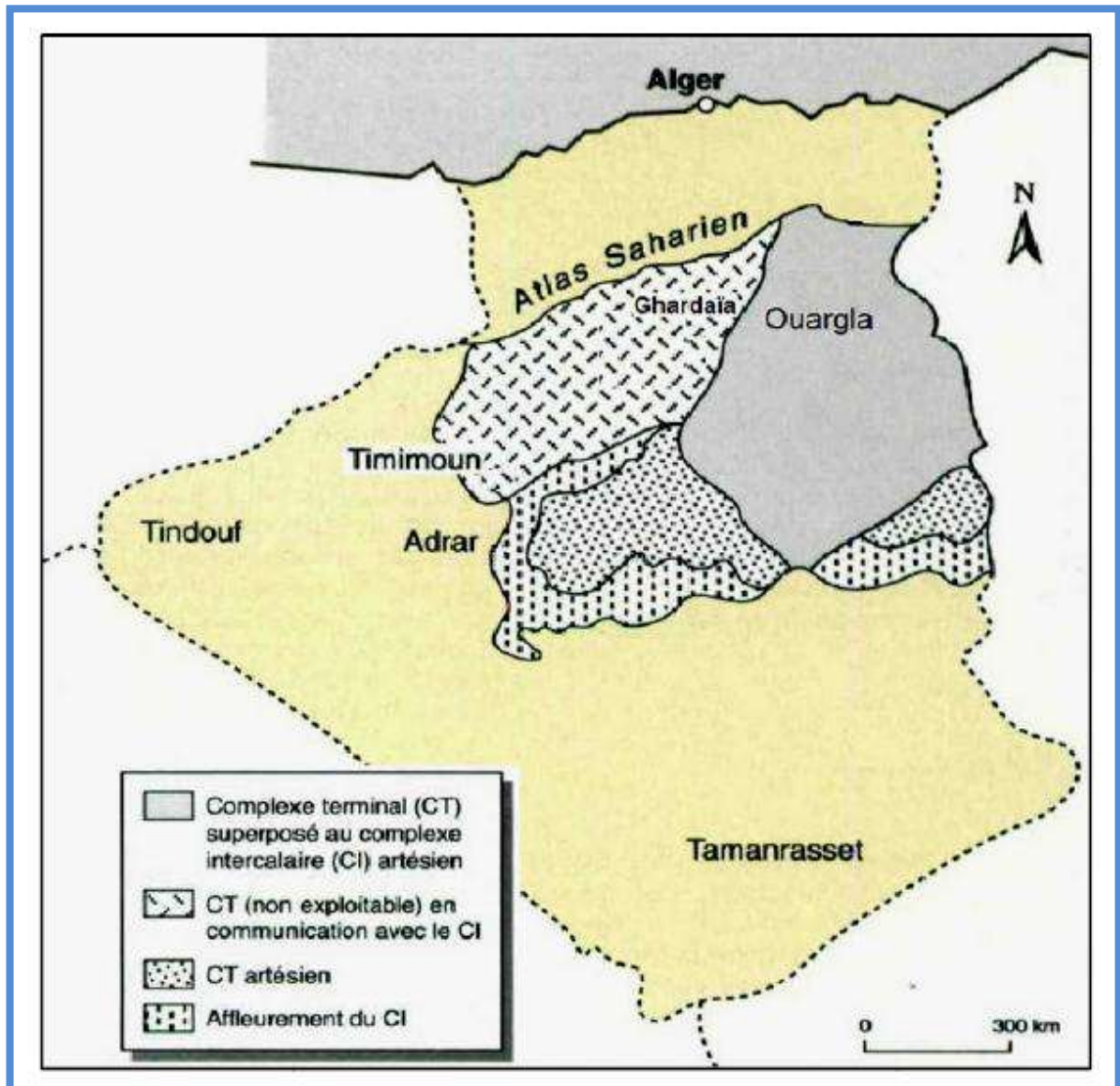


Figure N° 02 : Position géographique des 08 régions d'étude.

#### IV .1.4. Hydrogéologie et pédologie

##### IV .1.4.1. Hydrogéologie

D'une manière générale pour le Sahara septentrional, trois nappes peuvent être distinguées (Figure N° 03) :



**Figure N°03 :** Ressources en eau souterraines du Sahara algérien (d'après UNESCO, 1972 DAUD & HALITIM, 1994 ; DUBOS 2002, modifiées, *In* Djili , 2018).

#### IV .1.4.1.1. La région de Ouargla

Les eaux souterraines représentent l'unique source d'eau exploitable dans la région (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). La formation géologique de la région de Ouargla contiennent deux grands ensembles de formation aquifère : le continental intercalaire à la base et le complexe terminal au sommet. Une troisième formation d'importance plus modeste s'ajoute aux deux précédentes : La nappe phréatique ou nappe superficielle ((IDDER, 1998).

La profondeur de La nappe phréatique varie de 1 à 3 m dans les zones urbaines et de 0.5 à 0.9 m dans les zones agricoles.

La qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée, la conductivité est très forte. Elle augmente en allant du Sud vers le Nord.

La salinité de cette de nappe augmente par contre vers les points bas des zones non irriguées et surtout dans les palmeraies irriguées où elle varie en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation et de la salure du sol irrigué et donc principalement en fonction du rapport irrigation drainage (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

#### IV .1.4.1.2. La région d'Adrar

Les ressources hydriques du Sud-ouest Algérien, notamment la région d'Adrar sont représentées essentiellement par la nappe continentale intercalaire d'âge albien qui alimente en eau toutes les oasis au travers de techniques très anciennes dénommées foggaras.

Cet ouvrage hydraulique est un système gravitaire d'exploitation des eaux souterraines utilisé pour l'irrigation (DUBOST, 2002).

#### IV .1.4.1.3. La région de Biskra

La région de Biskra repose sur quatre unités aquifères. La nappe phréatique du quaternaire : elle se caractérise par une eau très salée (résidu sec : 8 à 16 g/l). La profondeur des niveaux des eaux varie entre 0 et 1m , la température est de 30 °C.

La nappe des sables du mio-pliocène : se caractérise par l'alternance de couches d'argiles imperméables à passée de sables et cailloutis. Sa profondeur est de 60 m .

La nappe des calcaires l'éocène et du sénonien : le réservoir de cette nappe est constitué essentiellement de calcaire. Sa profondeur varie de 150 à 400 m environ.

La température est de 25 °C. La nappe profonde albiene : Elle correspond au complexe terminal continental en grande partie gréseux. Les eaux sont très chaudes (60 °C). Ce sont aussi les moins salées (résidu sec : 1,5 à 2,35 g/l).

#### **IV .1.4.1.4. La région de EL Oued**

Selon A.N.R.H (2005), la wilaya d'El-Oued qui fait partie du Sahara septentrional recèle dans son sous-sol d'importantes réserves en eau contenues dans des aquifères superposées de la nappe phréatique dite libre à la nappe la plus profonde qui est l'albien.

Les régions qui connaissent des prélèvements dans les nappes profondes, sont les suivantes :

##### **IV .1.4.1.4. 1. Vallée du Souf et périphérie**

Cette région de la wilaya d'El-Oued regroupe la vallée du Souf et sa périphérie (Benguecha, Taleb Laarbi et Douar El Ma) (A.N.R.H, 2005).

###### **✓ Nappe du Complexe Terminal**

La zone de production de cette nappe avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec (A.N.R.H, 2005).

###### **✓ Nappe du Continental Intercalaire**

L'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C, et un résidu sec de 2 à 3 g/l (A.N.R.H, 2005).

###### **✓ Constat de l'exploitation des nappes CI-CT**

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée, Le recours aux forages profonds pour l'irrigation a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée, notamment la remontée des eaux dans le Souf.

Cette situation a perturbé l'écosystème des oasis de la vallée considéré déjà assez fragile (A.N.R.H, 2005).

#### IV .1.4.1.4.2. Vallée d'Oued Righ

Cette partie de la grande vallée d'Oued Righ regroupe les localités de Djamâa, El Meghaier, Still et El Hamraia. Cette région se distingue par une surexploitation de la ressource en eau notamment de la nappe du Complexe Terminal à raison de 70 millions de m<sup>3</sup>/an (A.N.R.H, 2005).

#### IV .1.4.1.5. La région de Ghardaïa

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont :Oued Sebseb; Oued Metlili; Oued M'zab; Oued N'sa et Oued Zegrir. L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab. Ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement est sporadique, il se manifeste à la suite des averses orageuses que connaît la région (DUBIEF 1953).

#### IV .1.4.1.6. La région de Tindouf

Suivant le caractère désertique de la région de Tindouf, les Oueds sont complètement temporaires et occupés par la végétation. A la Hamada du Drâa, creusent le dépôt tabulaire de la Hamada, et convergent vers la Sebkhha de Tindouf. Toutefois, dans la région de Sud-est, le réseau hydrographique est très différent à cause des accumulations dunaires.

#### IV .1.4.1.7. La région de Illizi

Le complexe hydrogéologique du bassin d'Illizi est situé dans le Cambro-Ordovicien. Ses eaux sont riches en chlore et en calcium. Cet aquifère se trouve à partir de la profondeur de 50m. A El-Adeb-Larache et Tiguentourine, l'aquifère est à 100m. A Zarzâitine et à Taouratine, il est à au moins 350m.

Les diverses études de reconnaissance du sol confirment qu'aucune nappe phréatique n'est rencontrée à moins de 15m. Ceci met les structures souterraines des bâtisses à l'abri des phénomènes physiques et mécaniques liés à la présence de la nappe phréatique et à ses fluctuations.



#### **IV .1.4.1.8. La région de Tamanrasset**

La région de Tamanrasset, autour de la grande ville de l'extrême Sud de l'Algérie, s'approvisionne en eau dont l'origine est exclusivement souterraine. Les nappes d'inféro-flux, très sollicitées, à cause de leur facilité d'accès et de leur bonne qualité, sont toutefois très fragiles.

Leur recharge est en effet assurée par des pluies occasionnelles ne dépassant pas 85 mm/an sur la partie la plus haute (2700m). Afin, de mieux gérer ces ressources, une bonne connaissance de l'aquifère est indispensable.

#### **IV .1.4.2. La pédologie**

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes, la fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. Alors que, la fraction organique est très faible (inférieure à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation.

Les sols sont très peu fertiles, et leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible (DAOUD et HALITIM , 1994) .

##### **IV .1.4.2.1. La région de Ouargla**

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin et une bonne aération (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

##### **IV .1.4.2.2. La région de Adrar**

Le sol d'Adrar est généralement sablonneux ou sablo- limoneux en particulier l'erg, il est pauvre en matière organique, assez profond et facile à travailler. Le pH est neutre ou légèrement alcalin avec un taux de salinité variable.

Il existe des sols dont les textures sont limono argileux ou alluvionnaires. Dans la région d'Adrar, certaines terres agricoles sont très salées (DUBOST, 2002).

#### IV .1.4.2.3. La région de Biskra

Exception faite pour la région d'El Outaya et de Sidi Okba où les sols sont relativement profonds, les sols qui constituent le territoire de la Wilaya de Biskra sont en général pauvres et peu profonds, ce sont des sols éoliens d'ablation et des sols basiques.

Il existe cependant en région Nord des zones où le sol est absent, c'est une zone d'affleurements de la roche mère. Au Sud-Est de la Wilaya dans la région des chotts c'est la zone des sols halomorphes (SEDRATI,2011).

#### IV .1.4.2.4. La région de EL Oued

Le sol de la région d'EL Oued est un sol typique des régions sahariennes. C'est un sol pauvre en matière organique, à texture sableuse et à structure particulière caractérisée par une perméabilité à l'eau très importante (HLISSE ,2007).

#### IV .1.4.2.5. La région de Ghardaïa

Généralement, les sols de Ghardaïa sont formés sur des lits d'oued sont des sols de regs, hamadas qui sont caractérisés par l'érosion ou d'accumulation d'alluviaux (KADI et KORICHI, 1993).

Les alluvions quaternaires sont formées de sable, galets et argile qui tapissent le fond de la vallée de l'oued de Metlili, d'une épaisseur de 20 à 35 m (ANRH, 2007). Ainsi, le sol est peu évolué d'apport alluvio-colluvial, peu caillouteux avec une texture sablo-limoneuse (D.S.A, 2005).

#### IV .1.4.2.6. La région de Tindouf

L'étude pédologique de la région de Tindouf montre que le sol est de type sableux avec un pH élevé et un faible taux de salinité (OULED SAFI,2014).

#### IV .1.4.2.7. La région de Tamanrasset

Les sols sahariens sont en général des substrats géologiques modifiés seulement par l'érosion aqueuse et éolienne ,la nature de sol de l'Ahaggar est sable argilo, sauf sur quelques points privilégiés où une humidité plus au moins constante permet l'humidification. Selon (OZENDA 1983) ,les sols désertiques présentent une

activité micro-organique importante. Les phénomènes biologiques à l'intérieur des terres sahariennes paraissent être de même nature que sous des climats plus favorisés, mais avec une intensité plus faible (ABDELLAOUI, 2012).

### IV .1. 5. Climatologie

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne températures élevées, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (OZENDA, 1983).

#### IV .1. 5. 1. Données brutes

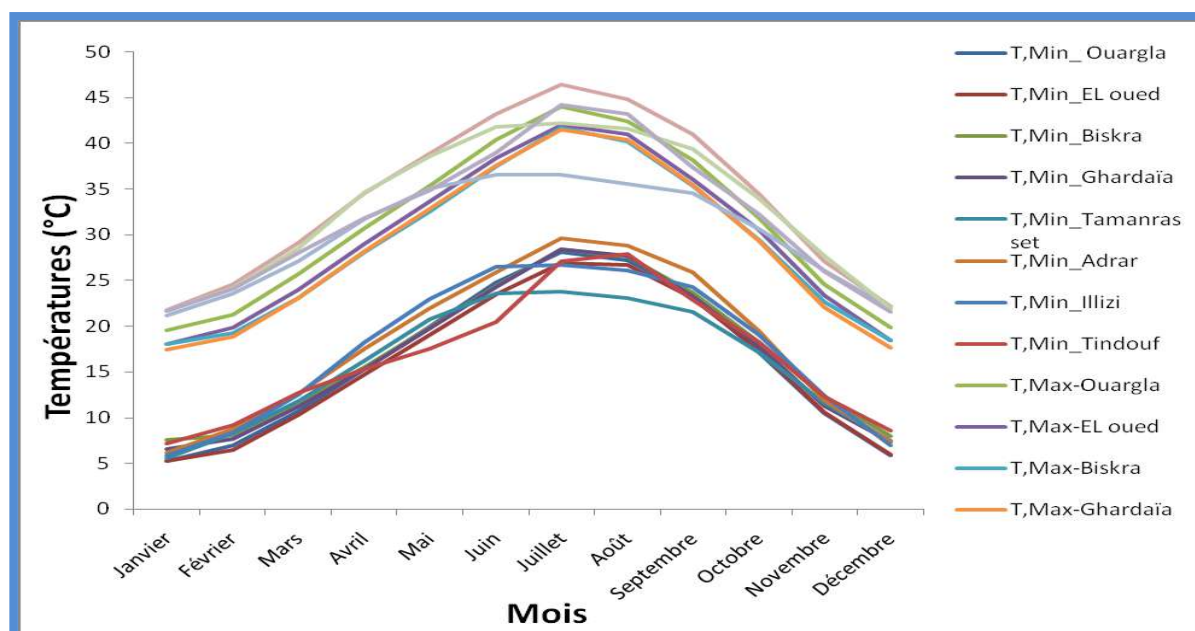
##### V .1. 5. 1. 1 . La Températures

Le tableau ci-dessous résume les valeurs des températures minimums, maximums et moyennes des 08 régions d'étude.

**Tableau N°09 : Températures moyennes mensuelles (°C) des 08 régions d'étude .**

Paramètre	Région	Période	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Moy
Températures Min (°C)	Ouargla	(2009_2018)	<u>5,2</u>	7,0	10,7	15,4	20,0	24,8	28,1	27,3	23,5	17,1	10,5	5,9	16,3
	EL oued	(2008_2017)	<u>5,3</u>	6,5	10,3	14,8	19,1	23,6	26,9	26,7	23,1	17,4	10,6	6,0	15,8
	Biskra	(2008_2018)	<u>7,6</u>	8,1	11,6	15,5	19,9	24,4	28,4	27,6	23,7	18,3	12,3	8,0	17,1
	Ghardaïa	(2008_2017)	<u>6,5</u>	7,6	11,1	15,3	19,7	24,3	28,4	27,7	23,3	17,8	11,2	7,3	16,7
	Tamanrasset	(2009_2018)	<u>5,5</u>	8,2	11,8	16,2	20,8	23,6	23,8	23,1	21,6	17,1	11,6	7,4	15,9
	Adrar	(2009_2018)	<u>6,1</u>	8,7	12,6	17,5	21,9	25,9	29,6	28,8	25,9	19,4	11,8	7,3	18,0
	Illizi	(2009_2018)	<u>5,8</u>	8,3	12,5	18,2	23,0	26,5	26,7	26,1	24,3	19,0	12,4	6,9	17,5
	Tindouf	(2008_2018)	<u>7,2</u>	9,2	12,7	15,3	17,5	20,5	27,1	27,9	22,9	18,3	12,3	8,6	16,6
Températures Max (°C)	Ouargla	(2009_2018)	19,5	21,2	25,7	30,8	35,3	40,4	<u>44,0</u>	42,4	38,1	31,8	24,6	19,8	31,1
	EL oued	(2008_2017)	18,1	19,9	24,0	29,0	33,6	38,3	<u>42,0</u>	41,0	36,0	30,5	23,4	18,5	29,5
	Biskra	(2008_2018)	18,0	19,2	23,0	28,1	32,5	37,5	<u>41,7</u>	40,2	35,3	29,4	22,6	18,4	28,8
	Ghardaïa	(2008_2017)	17,4	18,8	23,0	28,2	32,8	37,6	<u>41,5</u>	40,4	35,5	29,3	22,0	17,6	28,7
	Tamanrasset	(2009_2018)	21,1	23,5	27,0	31,7	35,0	36,5	<u>36,5</u>	35,5	34,5	30,6	26,0	21,9	30,0
	Adrar	(2009_2018)	21,7	24,5	29,1	34,5	38,8	43,2	<u>46,4</u>	44,8	41,0	34,4	27,0	22,1	34,0
	Illizi	(2009_2018)	21,6	24,1	28,5	34,6	38,6	41,8	<u>42,2</u>	41,6	39,4	33,9	27,7	21,9	33,0
	Tindouf	(2008_2018)	21,6	24,0	28,0	31,8	34,8	39,0	<u>44,2</u>	43,2	37,3	32,2	25,9	21,5	32,0
Températures Moy (°C)	Ouargla	(2009_2018)	12,4	14,1	18,2	23,1	27,7	32,6	36,1	34,8	30,8	24,5	17,5	12,8	23,7
	EL oued	(2008_2017)	11,7	13,2	17,1	21,9	26,3	30,9	34,4	33,9	29,6	23,9	17,0	12,2	22,7
	Biskra	(2008_2018)	12,8	13,7	17,3	21,8	26,2	30,9	35,0	33,9	29,5	23,9	17,4	13,2	23,0
	Ghardaïa	(2008_2017)	12,0	13,2	17,0	21,7	26,3	31,0	35,0	34,0	29,4	23,5	16,6	12,4	22,6
	Tamanrasset	(2009_2018)	13,3	15,9	19,4	24,0	27,9	30,1	30,2	29,3	28,1	23,9	18,8	14,7	22,9
	Adrar	(2009_2018)	13,9	16,6	20,85	26	30,35	34,55	38	36,8	33,45	26,9	19,4	14,7	26,0
	Illizi	(2009_2018)	13,7	16,2	20,5	26,4	30,8	34,2	34,5	33,9	31,9	26,5	20,1	14,4	25,2
	Tindouf	(2008_2018)	14,4	16,6	20,4	23,6	26,2	29,8	35,7	35,6	30,1	25,3	19,1	15,1	24,3

Les valeurs indiquées sur le tableau N° 09, montre que les valeur des températures moyennes annuelles les plus élevées sont enregistrées à Adrar avec 26°C ,et les plus faible sont enregistrées à Ghardaïa avec 22 ,6°C.



**Figure N°04 :** Comparaison de la variation des températures minimums et maximums des 08 régions d'étude.

La figure N° 04, illustre bien les différences des variations mensuelles des températures entre les 08 régions d'étude, où nous constatons que c'est dans la région Ouargla où on enregistre les valeurs les plus bas des températures minimums durant toute l'année. Alors qu'à Adrar où on enregistre les valeurs les élevées des températures maximums durant toute l'année.

#### IV .1. 5. 1. 2 . La pluviosité

Comme dans la majeure partie des régions sahariennes, les pluviosités sont marquées par les caractères faible et irrégulier (ROUVILLOIS BRIGOL , 1975).

Les valeurs des cumuls annuels de la pluviosité indiquées dans le tableau N° 10 montre que Biskra est la région la plus arrosée, environ 72,9 mm par an, mais elles sont très faibles à Ouargla avec 36,8 mm, où le mois le plus arrosé est en Janvier.

Tableau N° 10 : Les pluviosités moyennes mensuelles (en mm) des 08 régions d'étude.

Région	Période	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Cumul
Ouargla	(2009/2018)	7,9	3,7	5,1	1,5	2,1	0,8	0,4	0,4	4,8	3,8	2,8	3,7	36,8
EL oued	(2009/2018)	8,3	5,6	4,5	7,0	1,9	2,5	2,0	1,9	6,5	1,6	10,0	3,5	55,3
Biskra	(2008/2018)	3,5	3,7	7,0	8,5	9,7	6,7	1,3	2,8	5,3	12,6	6,1	5,7	72,9
Ghardaïa	(2008/2017)	9,8	3,4	8,0	4,2	2,4	3,1	1,5	2,2	17,6	5,9	3,9	4,3	66,3
Tamanrasset	(2009/2018)	2,0	3,0	7,8	3,0	3,5	5,9	6,3	4,5	4,5	5,3	2,0	2,0	44,5
Adrar	(2009/2018)	5,6	3,3	3,2	2,0	1,0	1,0	1,0	2,2	6,7	8,8	2,0	6,0	42,8
Illizi	(2009/2018)	3,0	9,5	5,0	3,5	2,0	4,4	2,0	2,5	3,6	2,1	4,0	4,5	46,1
Tindouf	(2008/2018)	3,7	3,2	6,9	3,6	6,1	4,6	1,5	3,5	10,1	7,6	8,4	3,4	62,6

### V.1.5.1.3. Evaporation

Les valeurs des cumuls annuels de l'évaporation indiquées dans le tableau N° 11, montre que Adrar est la région où l'évaporation est la plus importante avec 3902.4 mm par année suivie successivement par Ghardaïa et puis par El oued et puis par Ouargla. Les valeurs atteignent leur maximum durant le mois de juillet où les températures sont plus élevées.

Tableau N° 11 : Les évaporations moyennes mensuelles (en mm) des 08 régions d'étude.

Région	Période	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Cumul
Ouargla	(2009/2018)	97,9	120,7	180,6	231,3	302,6	366,9	447,2	388	266,8	207,6	124,5	86,2	2820
EL oued	(2008/2017)	89,1	99,2	146,2	216,8	280,3	296,4	354,9	340,9	210,0	155,8	107,1	79,6	2376,3
Ghardaïa	(2008/2017)	98,3	119,6	166,9	223,5	282,2	328,1	370,0	345,0	247,3	177,4	116,8	87,9	2562,9
Adrar	(2009/2018)	165,7	171,2	231,5	305,4	410,3	432,1	549,2	495,1	412,7	320,6	220,6	188,0	3902,4

L'intensité de l'évaporation au Sahara est fortement renforcée par les vents et notamment ceux qui sont chauds (TOUTAIN, 1979).

### IV .1. 5. 2. Synthèse des données climatiques

Pour caractériser le climat d'une région, il faut procéder à une synthèse des principaux facteurs climatiques (température et précipitation).

La synthèse des données climatiques est représentée par le Diagrammes ombrothermiques de Gaussen et par le Diagrammes d'Emberger (DAJOZ ,2003).

#### IV .1. 5. 2.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le Diagrammes ombrothermiques de Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (DAJOZ , 2003) .

D'après ( FRONTIER *et al.* 2004), les ombrothermiques de Gaussen sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées ,a la fois ,les températures moyennes mensuelles en (C°) et les précipitations mensuelles en (mm) .

L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les limites choisies ( $P=2T$ ) .

Un mois est réputé (sec) si les précipitations sont inférieures a 2 fois la température moyenne et réputé (humide) dans le cas contraire (FRONTIER *et al.* 2004) .

Le diagramme d'Ombrothermique (figure N° 05) montre que la période sèche s'étale sur toute l'année pour les 08 régions d'étude.

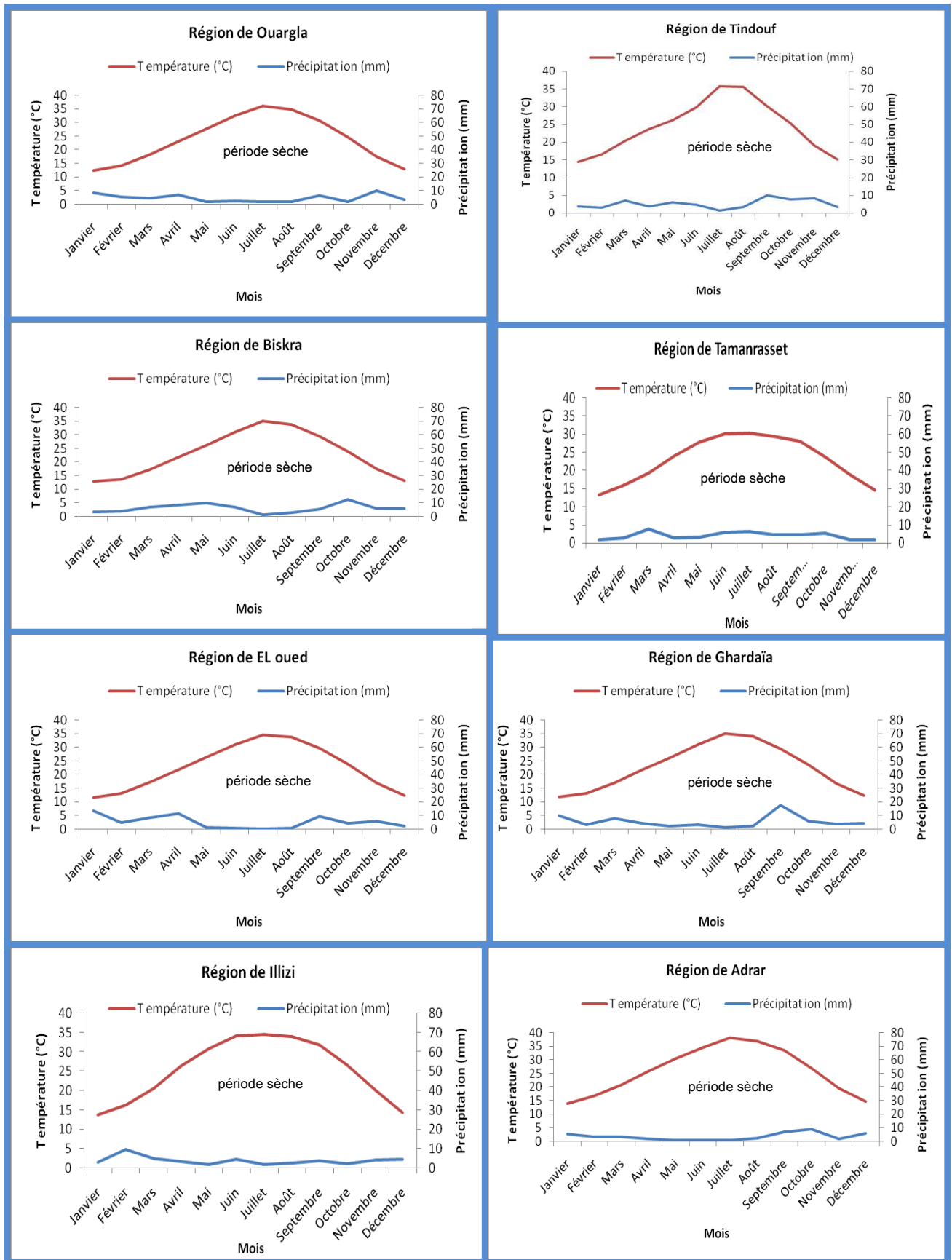


Figure N°05 : Diagrammes ombrothermiques de Gausson et Bagnouls applique des 08 régions d'étude.



### IV .1. 5. 2.2. Climagramme d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique des 08 régions d'étude et de donner une signification écologique du climat, avec :

- ✓ En abscisse, la température moyenne du mois le plus chaud.
- ✓ En ordonnées, le quotient pluviométrique d'Emberger.

$$Q3 = 3,43P/ M-m.$$

**Q3** : Le quotient pluviométrique d'Emberger ;

**P** : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

**M** : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C;

**m** : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C ;

**3,43** : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie ;

Avec

**P** : Pluviosité moyenne annuelle en mm (Biskra 72,9 mm ; Ghardaïa : 66,3 mm ; Tindouf : 62,6 mm ; El oued : 55,3 mm ; Illizi : 46,1 mm Ouargla : 34 mm ; Tamanrasset 44,5 ; Adrar 42,8 ; et Ouargla 36,8 mm).

**M** : Moyenne des températures maximums quotidiennes du mois le plus chaud en °C (Adrar: 46,4°C ; El oued 42°C ; Tindouf : 40,2°C ; Illizi : 40,2 °C ; Ouargla : 44,0 °C ; Biskra 41,7 °C Ghardaïa : 41,5 °C et Tamanrasset 36,5 °C ).

**m** : Moyenne des températures minimums quotidiennes du mois le plus froid en °C (Ouargla : 5,2°C ; El oued : 5,3 °C ; Biskra: 7,6°C ; Ghardaïa 6,5 °C ; Tamanrasset 5,5°C ; Adrar 6,1°C ; Illizi 5,8°C ; et Tindouf : 7,2 °C).

- ✓ **Q3** pour la région de Biskra = 7,3
- ✓ **Q3** pour la région de Ghardaïa = 6,5
- ✓ **Q3** pour la région de Tindouf = 5,8
- ✓ **Q3** pour la région de El oued = 5,2
- ✓ **Q3** pour la région de Tamanrasset = 4,9
- ✓ **Q3** pour la région de Illizi = 4,3
- ✓ **Q3** pour la région de Adrar = 3,6
- ✓ **Q3** pour la région de Ouargla= 3,3

A partir des valeurs de **Q3** et celles des températures minimums quotidiennes du mois le plus froid en °C, nous pouvons déterminer le type du bioclimat de chaque région par superposition de ces valeurs sur le Diagramme d’Emberger (Figure N°06).

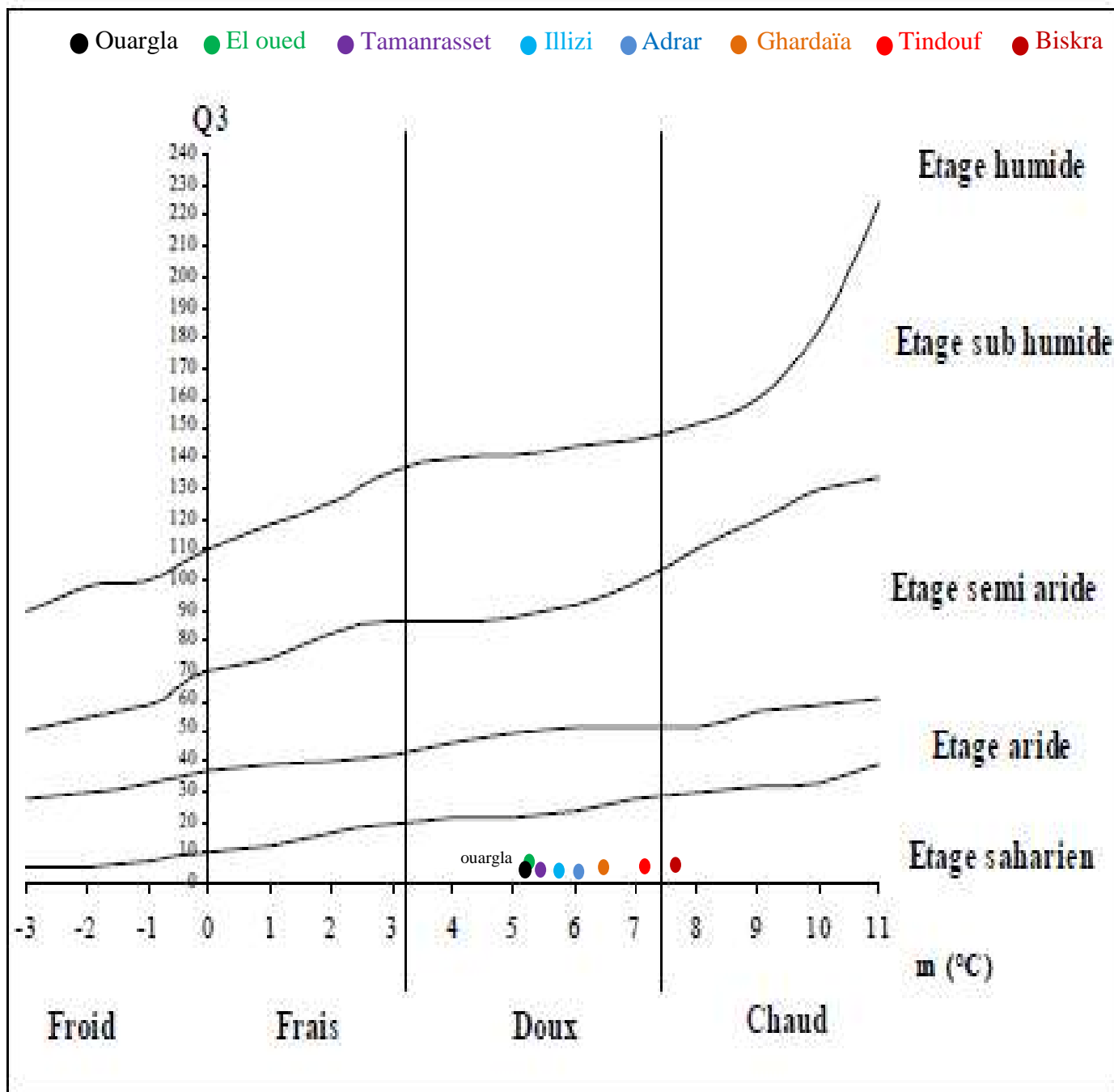


Figure N°06 : Position des 08 régions d’étude dans le Climagramme d’Emberger (Modifié par Le Houérou 1995) .

A partir de ce Climagramme, on constate que:

✓ L'étage bioclimatique de la région de Ouargla est de type saharien à hivers doux , $Q_3= 3,3$ .

✓ l'étage bioclimatique de la région de Adrar est de type : Climat saharien à hivers doux , $Q_3=3,6$ .

✓ L'étage bioclimatique de la région de Illizi est de type : Climat saharien à hivers doux., $Q_3= 4,3$  .

✓ L'étage bioclimatique de la région de Tamanrasset est de type : Climat saharien à hivers doux ,  $Q_3=4,9$ .

✓ L'étage bioclimatique de la région de El oued est de type : Climat saharien à hivers doux. , $Q_3= 5,2$ .

✓ L'étage bioclimatique de la région de Tindouf est de type : Climat saharien à hivers Chauds , $Q_3= 5,8$ .

✓ L'étage bioclimatique de la région de Ghardaïa est de type : Climat saharien à hivers doux , $Q_3=6,5$  .

✓ L'étage bioclimatique de la région de Biskra est de type : Climat saharien à hivers Chauds , $Q_3= 7,3$ .

## **IV.2. Techniques des analyses physique et physico-chimiques du sol et de l'eau d'irrigation des 08 régions d'étude.**

La composition d'un sol dépend de nombreux facteurs tels que : le climat, la nature de la roche mère, la pente, l'exposition, etc..., et des facteurs biotiques : couvert végétal, organismes vivant, ....etc .

Sa formation est liée au facteur du temps, c'est-à-dire, la durée nécessaire à la dégradation de ses éléments constitutifs organiques et minéraux.

La qualité du sol est un élément essentiel pour l'évaluation de la durabilité, de la mise en valeur agricole intensive.

Un aménagement du sol ne peut être durable que s'il maintient la qualité des sols et des eaux (LARSON et PIERCE,1992)

Au même titre, la qualité de l'eau d'irrigation est fortement liée aux conditions pédoclimatique et aux pratiques agricoles de la zone d'étude.

La caractérisation physico-chimique du sol et de l'eau d'irrigation s'effectue le plus souvent par le prélèvement d'échantillons qui sont ensuite analysés au laboratoire.

### **IV. 2. 1. Prélèvement et échantillonnage du sol et de l'eau d'irrigation**

L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol. L'échantillon doit correspondre à une zone uniforme, d'une seule nature. Le sol étant hétérogène, il est indisponible de multiplier les prélèvements partiels, puis de mélanger, pour obtenir un échantillon représentatif du sol à analyser.

Dans notre cas, nous avons prélevé des échantillons représentatifs au niveau de la couche arable, et ceci par mélange de trois prélèvements pour chaque station d'étude (Figure N°07) .

Les analyses réalisées sur le sol ont porté sur la Granulométrie, la conductivité électrique, le pH, et le SAR .

Pour l'eau d'irrigation les analyses ont porté sur la conductivité électrique, le pH, et le SAR.

La caractérisation physique et physico-chimique a été effectuées au niveau des laboratoires de pédologie du département des Sciences Agronomiques (Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie), et au niveau de laboratoire de bio ressources sahariennes (Université de Ouargla).





Figure N°07 : Lieux de prélèvements des échantillons du sol et des eaux d'irrigation .



**IV . 2. 2. Les méthodes utilisées**

Avant d'entamer cette partie de notre travail, il faut signaler que problème de manque de produits et des appareils nécessaires au niveau de laboratoire de l'université on n'a pas pu réaliser une caractérisation complète de nos échantillons (eau et sol).

**IV . 2. 2.1. La Granulométrie (Méthode de tamisage)**

L'analyse granulométrique à pour but de quantifier les particules minérales élémentaires groupées en classes, et définir la composition granulométrique d'un sol.

Elle permet de classer les particules minérales constitutives des agrégats en un certain nombre de fractions par catégorie de diamètre, on suppose que ces particules minérales sont sphériques (SOLTNER, 1989).

Selon les fractions envisagées du sable, on a utilisé le tamisage par voie sèche avec l'utilisation d'un vibreur .

On a pesé 100g du sol, après on le superposé dans une série de tamis (100, 500, 200, 100, 50 microm), ensuite, on fait couler les 5 tamis superposés durant 10min, puis, on pèse le sol resté dans chaque tamis .

**IV . 2. 2.2. Méthode de mesure de la conductivité électrique**

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique due à l'aptitude d'une solution aqueuse pour conduire un courant électrique.

Cette aptitude dépend des ions présents dans la solution (concentrations totales, valences, mobilités et concentrations équivalents et de la température de la solution.

En général la CE d'une solution est mesurée au laboratoire. Elle est exprimée en déci-siemens/mètre (dS/m), anciennement en mhos/cm ou mmhos/cm ou  $\mu$ mhos/cm (1 mmhos/cm = 1 dS/m) (SOLTNER, 1989).

#### IV . 2. 2.2.1. Conductivité électrique de l'extrait dilué

Cette méthode consiste à mélanger un poids (X) d'un échantillon de sol traité de la même façon que pour l'extrait saturé, et le mélanger avec un poids x, 2.5x, 5x, 10x ,d'eau distillée, après un malaxage répété, on laisse reposer pendant quelques heures et on passe à l'extraction. On parle à ce moment-là des extraits: (1 /1 , 1/2.5 ,1/5, 1/10).

Ainsi, l'addition de l'eau se fera dans rapport pondéral sol/eau bien déterminer, et indépendamment du type de sol.

La méthode des extraits aqueux est très pratique lorsque l'on veut traiter un grand nombre d'échantillons du même sol.

Elle est relativement rapide , plus la dilution est élevée plus l'extraction sera rapide et facile.

Cependant plus la dilution est fort , moins est représentative la solution extraite à cause de la modification au niveau des équilibres ioniques.

Après la préparation de l'extrait dilué, la conductivité électrique a été déterminée par un conductimètre à une température de 25°C avec un rapport sol/solution de ( 1 /1 , 1/2.5 , 1/5,et 1/10).

#### IV . 2. 2.2.2. Conductivité électrique de l'extrait saturé

La Conductivité électrique de la pâte saturée (CEe) est une méthode qui a servi de standard pour mesurer la charge en sels solubles dans le sol.

Elle est mesurée selon la méthode préconisée par le laboratoire de Riverside (U.S Salinity Laboratory Staff ; RICHARDS, 1954) . Le protocole de préparation de l'extrait saturé ( Annexe N°04)

La salinité globale de la pâte saturée est déterminée par la mesure de la (CE) exprimée en dS/m .



Figure N°08: Préparation de la pâte saturée.

#### IV . 2. 2.3. Détermination de pH

Pour déterminer la valeur de pH de nos échantillons, on a utilisé le système de mesure électrochimique à l'aide du pH-mètre à électrode en verre.

#### IV . 2. 2.4. Détermination du SAR

Le SAR de la solution du sol et de l'eau d'irrigation a été déterminé par la formule :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} ; (Na^+; Mg^{++}; Ca^{++}) \text{ m}éq/l \quad (\text{CALVET, 2003})$$

##### IV . 2. 2.4. 1. Dosage des cations solubles ,Calcium et de sodium

Le dosage de Calcium et de sodium se fait par spectrophotomètre à flamme ( JENWAY) ,au niveau du laboratoire de bio ressources sahariennes.





**Figure N°09:** spectrophotomètre à flamme( JENWAY).

#### **IV . 2. 2.4.2. Dosage de Magnésium**

Le dosage de Magnésium a été réalisé par complexmétrie. (Annexe N°05 )



*PARTIE III*

*Résultats et discussion*

# *Chapitre V*



*Résultats et discussion*

## Chapitre V

### Résultats et discussion

#### V.1. Résultats et interprétations des analyses physico-chimiques

Cette partie de notre travail est réservée à la discussion des résultats relatifs à la caractérisation de la qualité physico-chimique du sol et de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude.

##### V.1.1. Résultat des analyses physico-chimiques du sol au niveau des 08 régions d'étude

###### V.1.1.1. Granulométrie

Les résultats de l'analyse granulométrique au niveau des 08 régions d'étude sont mentionnés dans le tableau N° 12 .

D'après ces résultats on remarque que la granulométrie dans l'ensemble des régions d'étude est représentée par la dominance de la fraction sableuse, avec une nette dominance du sable grossier dans les régions de Biskra, Illizi et Adrar et de sable fins dans les régions de Ouargla, Tamanrasset et Tindouf .

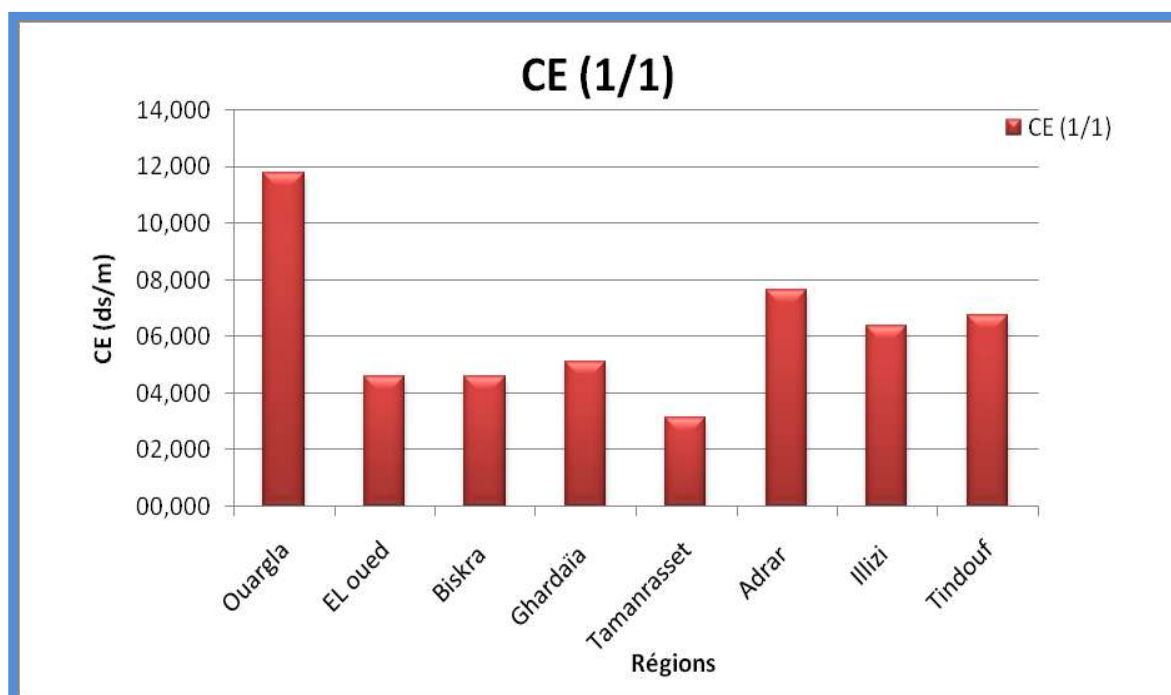
Par ailleurs, ces résultats montrent une différence relative de la Fraction ( $< 50 \mu\text{m}$ ) au niveau de la région de Biskra avec un pourcentage de (5. 28%).

**Tableau N° 1 2:** Caractérisation granulométrique du sol au niveau des 08 régions d'étude.

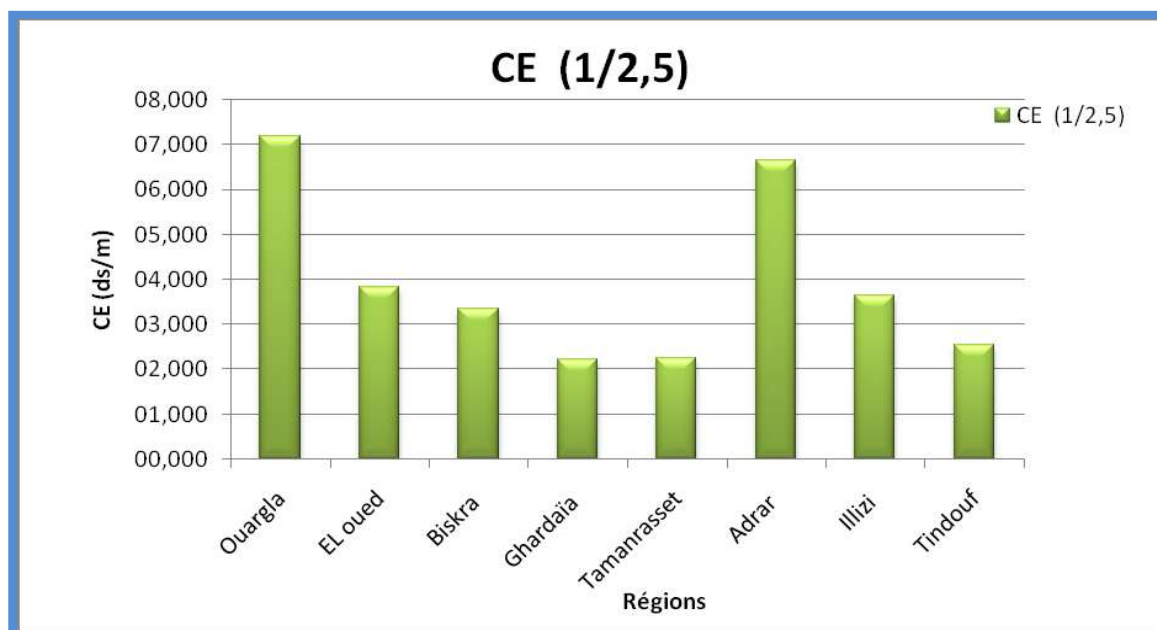
Régions	Granulométrie (%)					
	Fraction $< 50 \mu\text{m}$	Sable fin		Sable grossier		
		50-100 $\mu\text{m}$	100-200 $\mu\text{m}$	200-500 $\mu\text{m}$	500-1000 $\mu\text{m}$	1000-2000 $\mu\text{m}$
Ouargla	2,60	14,30	41,90	35,10	1,00	5,10
EL oued	2,10	13,30	32,10	40,10	9,70	2,70
Biskra	5,28	16,82	20,74	20,51	26,77	9,87
Ghardaïa	0,80	10,10	59,80	26,30	1,90	1,00
Tamanrasset	3,10	15,50	50,40	26,30	3,30	1,30
Adrar	4,67	9,42	34,11	46,12	3,71	1,87
Illizi	4,51	12,10	27,81	28,01	21,85	5,70
Tindouf	3,47	20,19	46,33	17,84	6,85	5,31

### V.1.1.2. Conductivité électrique au niveau des 08 régions d'étude

#### V.1.1.2. 1. Conductivité électrique des extraits dilués et de la pâte saturée



**Figure N° 10 :** Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1 / 1 ) au niveau des 08 régions d'étude .



**Figure N° 11 :** Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué ( 1/2.5 ) au niveau des 08 régions d'étude .

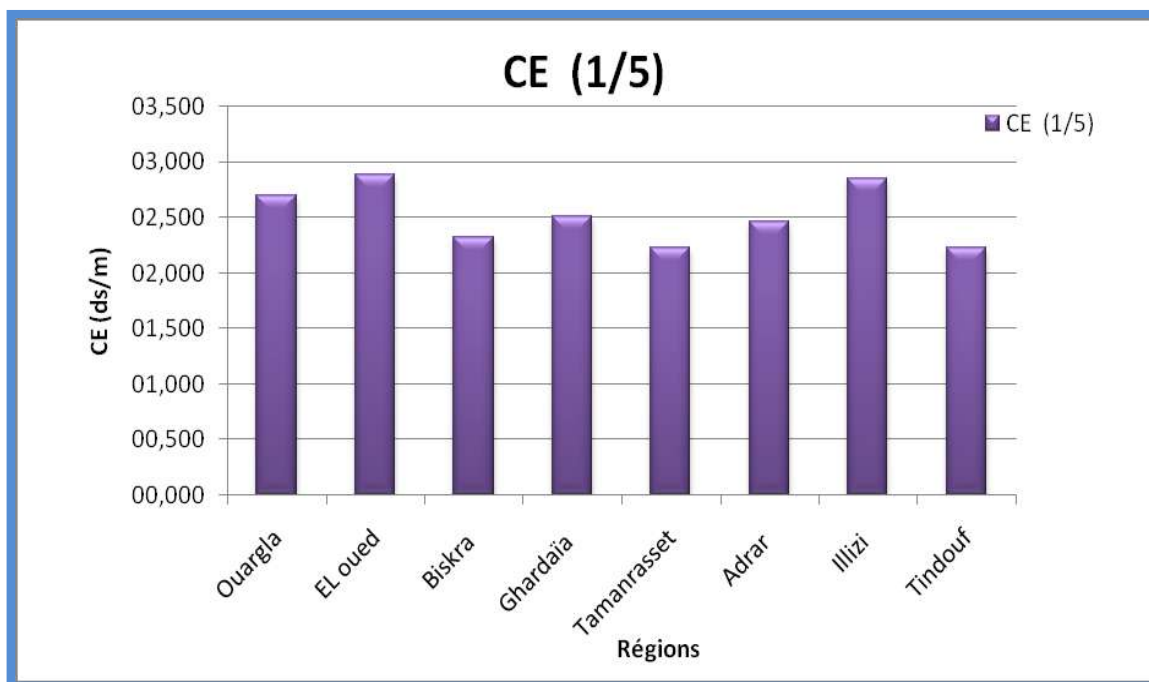


Figure N° 12 : Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1/5) au niveau des 08 régions d'étude .

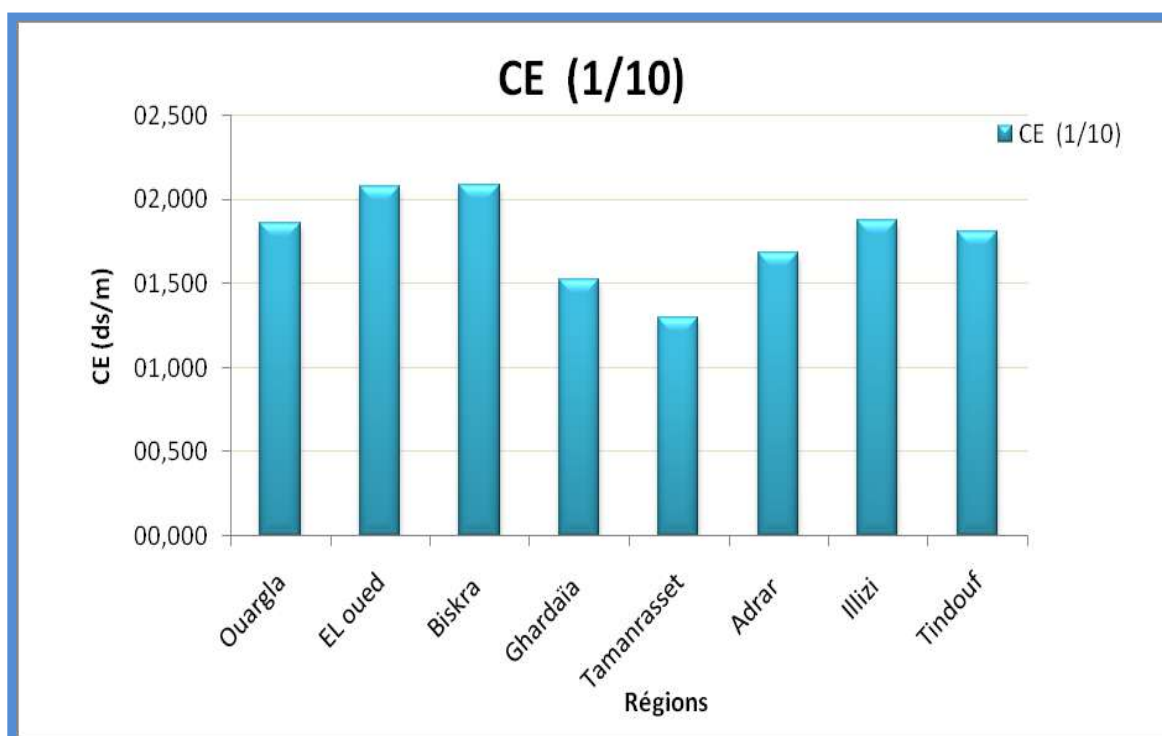


Figure N° 13 : Valeurs moyenne de la conductivité électrique de l'extrait dilué (1/10) au niveau des 08 régions d'étude .

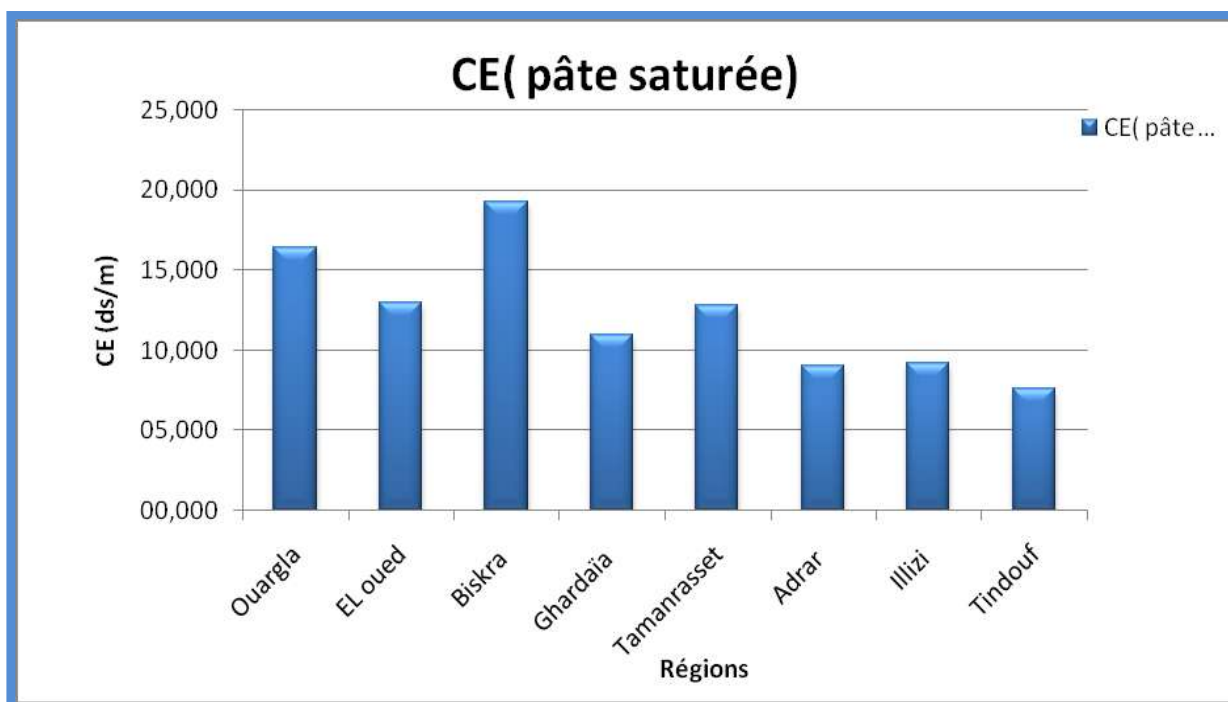


Figure N° 14 : Valeurs de la conductivité électrique de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.

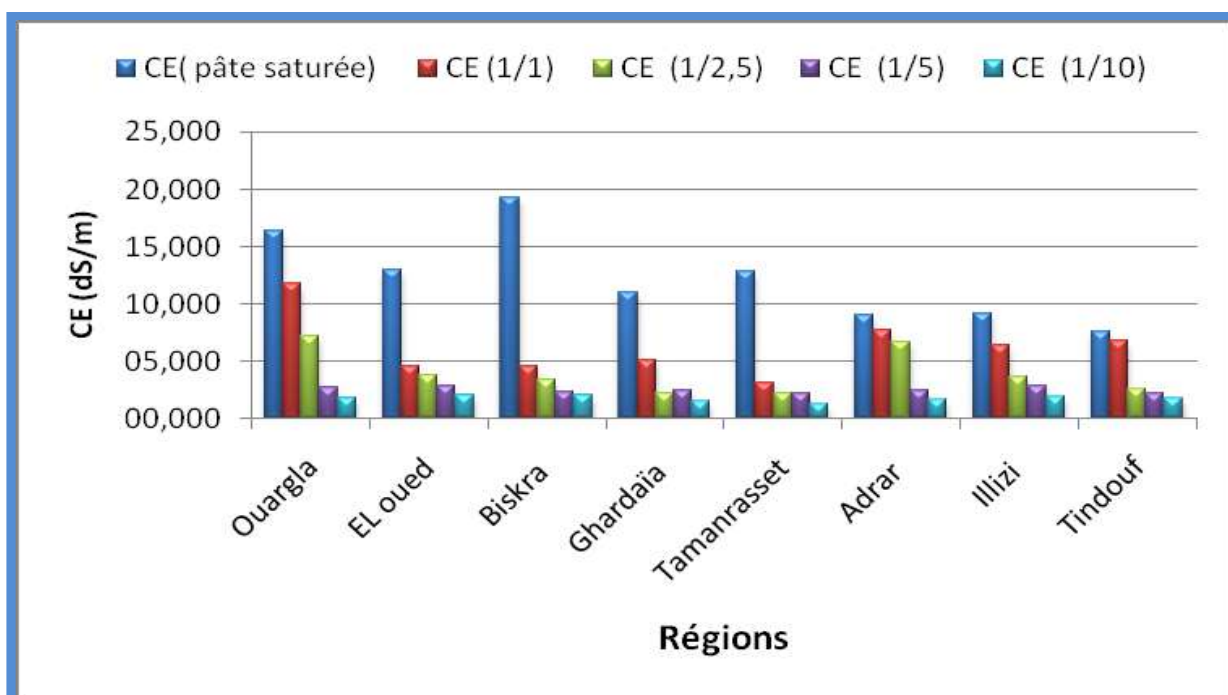


Figure N° 15 : Valeurs moyenne de la conductivité électrique des extraits dilués et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.

Les résultats de mesure de la conductivité électrique de la pâte saturée et des extraits dilués au niveau des 08 régions d'étude sont présentés dans les figure ( N°10 , N°11 , N°12 , N°13, N°14, N°15), et dans les tableau (Annexe N°08,et N°09 ). les résultats obtenus montrent ce qui suit :

Pour la région de Ouargla, la conductivité enregistrée varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) =1,85 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 16 ,42 dS/m.

Pour la région d' EL oued ,la conductivité enregistrée varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) = 2,076 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 12 ,9 dS/m.

Les valeurs de la conductivité électrique dans la région Biskra varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) =2,08 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 9 , 3 dS/m.

Quant aux valeurs de la conductivité électrique dans la région de Ghardaïa varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) 1,52 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 10 ,9dS/m.

La conductivité électrique de Tamanrasset varie entre une valeur minimale enregistrée dans rapporte (1/10)= 1,3 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée =12,84 dS/m.

Pour les sols d'Adrar, la conductivité électrique varie entre une valeur minimale enregistrée dans rapporte (1/10) =1,687 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 9 ,0 dS/m.

Les valeurs de la conductivité électrique de Illizi varie entre une valeur minimale enregistrée dans rapporte (1/10)= 1,87 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 6,35dS/m.



A Tindouf, les résultats de la conductivité électrique varient entre une valeur minimale enregistrée dans le rapporte(1/10) =1,8 dS/m et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée 7,6 dS/m.

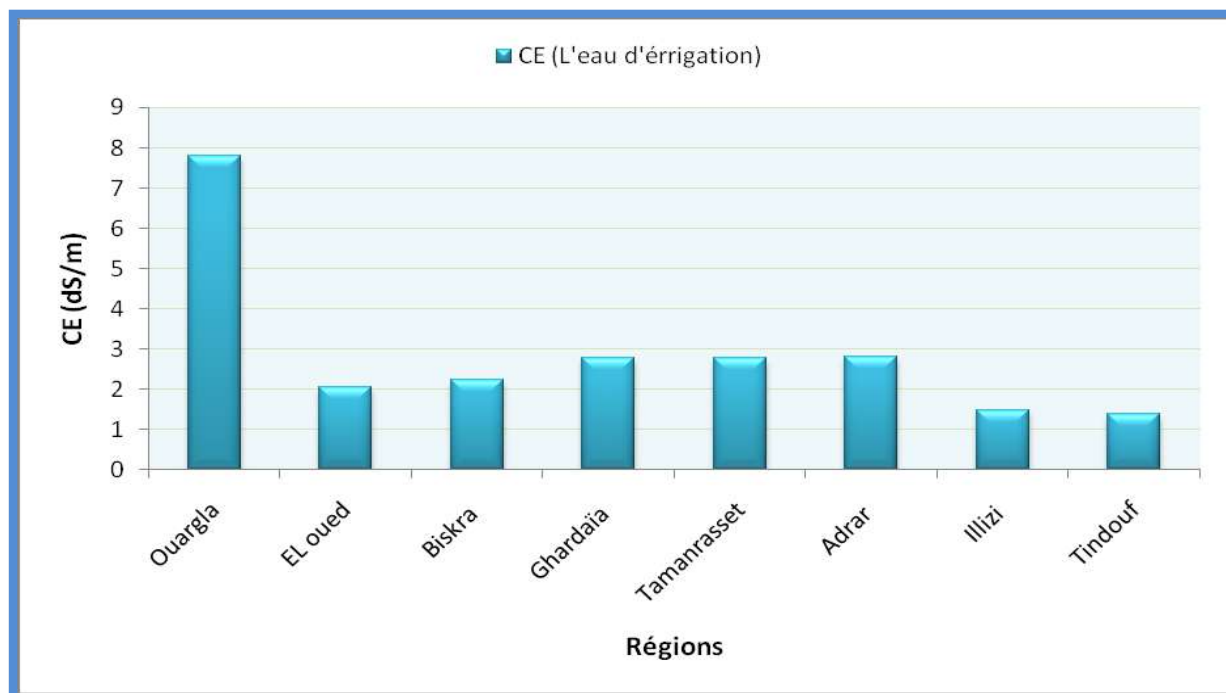
D'après l'échelle de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (AUBERT,1978), les sols des 08 régions d'études appartiennent aux classes suivantes : (Tableau N° 1 3)

**Tableau N° 1 3:** Classification de sol d'après l'échelle de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (AUBERT ,1978) ,au niveau des 08 régions d'étude :

Région	CE (dS/m à 25°C) de l'extrait 1/5	Classe de sol
<b>Ouargla</b>	02,694	Sol très salé
<b>EL oued</b>	02,880	Sol très salé
<b>Biskra</b>	02,318	Sol salé
<b>Ghardaïa</b>	02,509	Sol très salé
<b>Tamanrasset</b>	02,230	Sol salé
<b>Adrar</b>	02,457	Sol très salé
<b>Illizi</b>	02,844	Sol très salé
<b>Tindouf</b>	02,228	Sol salé

Cette différence de valeurs de la conductivité du sol entre les 08 régions est liée à plusieurs facteurs notamment à la qualité de l'eau d'irrigation. En fait, le degré de salinisation d'une surface irriguée dépend de plusieurs facteurs : La qualité de l'eau d'irrigation, La qualité du sol, Les conditions climatiques, Le niveau de la nappe.

## V.1.1.2. 2. La conductivité électrique de l'eau d'irrigation



**Figure N° 16 :** Valeurs de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation de au niveau des 08 régions d'étude.

Les résultats de la mesure de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude sont illustrés dans la figure N°16 et dans les tableau (Annexe N°08,et N°09) .

La conductivité électrique de l'eau d'irrigation varie entre une valeur minimale enregistrée dans la station de Tindouf = 1,3 dS/m et une valeur maximale enregistrée dans la région de Ouargla =7,8 dS/m.

Les autres régions enregistrent des conductivités électriques intermédiaires de l'ordre de 2,8 ; 2,82 ; 2,78 ; 2,24 ; 2,06 ; 1,48 dS/m respectivement pour la région de Tamanrasset, Adrar, Ghardaïa , Biskra, EL Oued et Illizi.

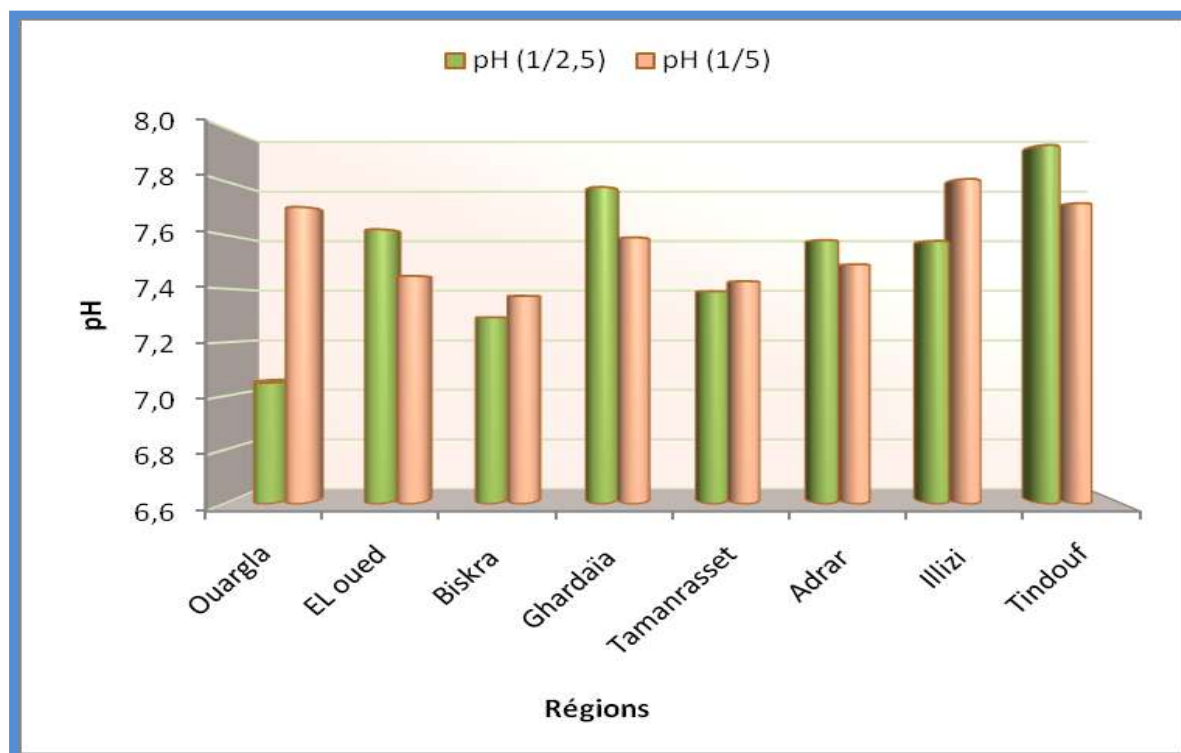
D'après la classification de Durand (1958) (Annexe N° 02), les eaux utilisées pour l'irrigation dans les 08 régions d'études appartiennent aux classes suivantes :

**Tableau N° 14:** Evaluation des eaux d'irrigation d'après la classification de ( Durand ,1958) ,au niveau des 08 régions d'étude :

Région	CE d'eau d'irrigation	Evaluation
Ouargla	07,801	Salinité excessive
EL oued	02,062	Forte salinité
Biskra	02,245	Forte salinité
Ghardaïa	02,786	Très forte salinité
Tamanrasset	02,792	Très forte salinité
Adrar	02,821	Très forte salinité
Illizi	01,488	Forte salinité
Tindouf	01,377	Forte salinité

### V.1.1.3. Le pH au niveau des 08 régions d'étude

#### V.1.2.3.1. Le pH de l'extraits dilués (1/2,5, 1/5)



**Figure N° 17 :** Valeurs de pH des extraits dilués au niveau des 08 régions d'étude.

Les résultats de mesure du pH des extraits dilués au niveau des 08 régions d'étude sont présentés dans la figure N° 17 et dans les tableau (Annexe N°10,et N°11).

Ces résultats montrent que le pH de l'extrait dilué (1/2,5) varie entre une valeur minimale enregistrée dans la région d'Ouargla 7,1 et une valeur maximale enregistrée dans la région de Tindouf 7,9.

Les autres régions enregistrent des valeur de pH de 7,78; 7,68; 7,62; 7,58 ; 7,39 ; 7,29 respectivement pour les régions de Ghardaïa, Illizi, EL oued, Adrar, Tamanrasset et Biskra .

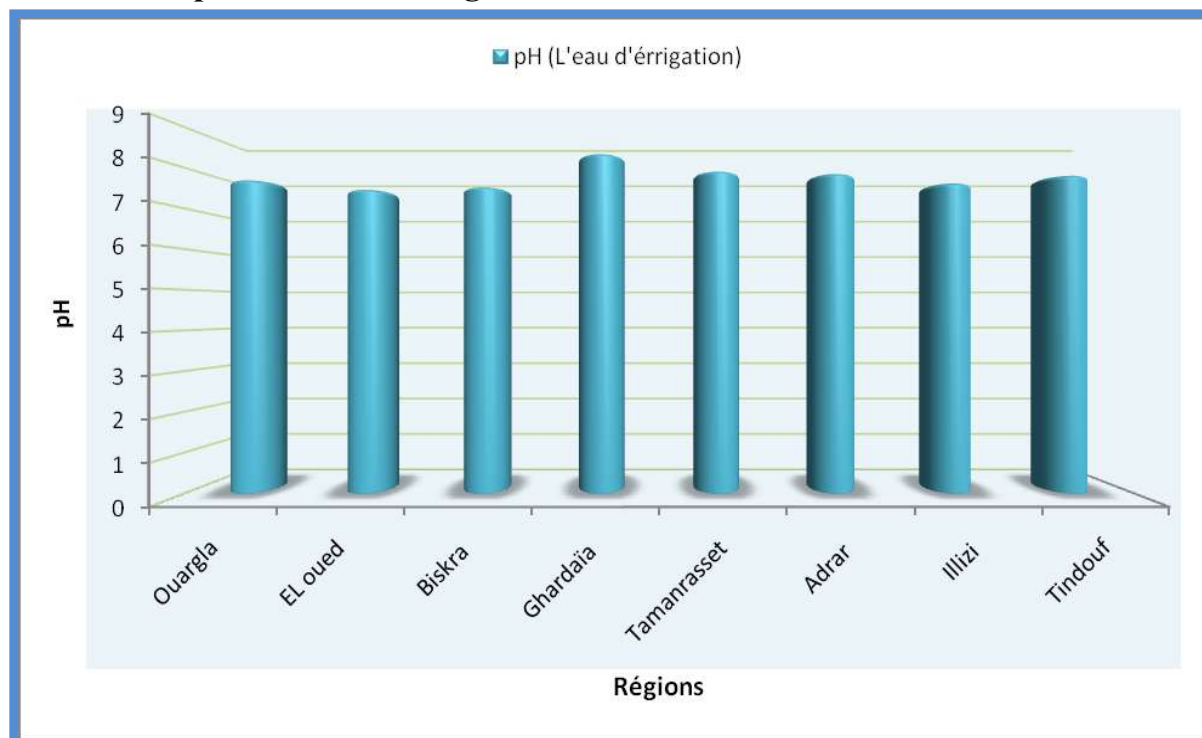
Quant a l'extrait dilué (1/5), le pH varie entre une valeur minimale enregistrée dans la région de Biskra 7,37 et une valeur maximale enregistrée dans la région d'Illizi 7,81. Les autres régions enregistrent des valeurs du pH de 7,72 ; 7,59; 7,49 ; 7,45 ; 7,43 ; 7,37 respectivement pour les régions de Tindouf, Ghardaïa, Adrar , EL Oued , Tamanrasset et Biskra .

D'après l'échelle de l'interprétation des résultats du pH de l'extrait aqueux (1/5) (SOLTNER,1989), les sols des 08 régions d'étude appartiennent aux classes suivantes :

**Tableau N° 15:** Classification de sol d'après l'échelle de pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER,1989), au niveau des 08 régions d'étude :

Région	pH de l'extrait (1/5)	Classe de sol
<b>Ouargla</b>	07,70	alcalin
<b>EL oued</b>	07,45	alcalin
<b>Biskra</b>	07,37	alcalin
<b>Ghardaïa</b>	07,59	alcalin
<b>Tamanrasset</b>	07,43	alcalin
<b>Adrar</b>	07,49	alcalin
<b>Illizi</b>	07,81	alcalin
<b>Tindouf</b>	07,72	alcalin

## V.1.1.3.2. Le pH de l'eau d'irrigation



**Figure N° 18 :** Valeurs de pH de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude.

Les résultats de la mesure de pH de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude sont présentés dans la figure N° 18 et dans les tableaux (Annexe N°10, N°11)

Le pH de l'eau d'irrigation varie entre une valeur minimale enregistrée dans la région d'EL Oued 7,5 et une valeur maximale enregistrée dans la région de Ghardaïa 8,3.

Les autres régions enregistrent des valeurs du pH de 7,94 ; 7,88 ; 7,84 ; 7,72 ; 7,55 respectivement pour les régions de Tamanrasset, Adrar, Tindouf, Ouargla, EL oued, et Biskra.

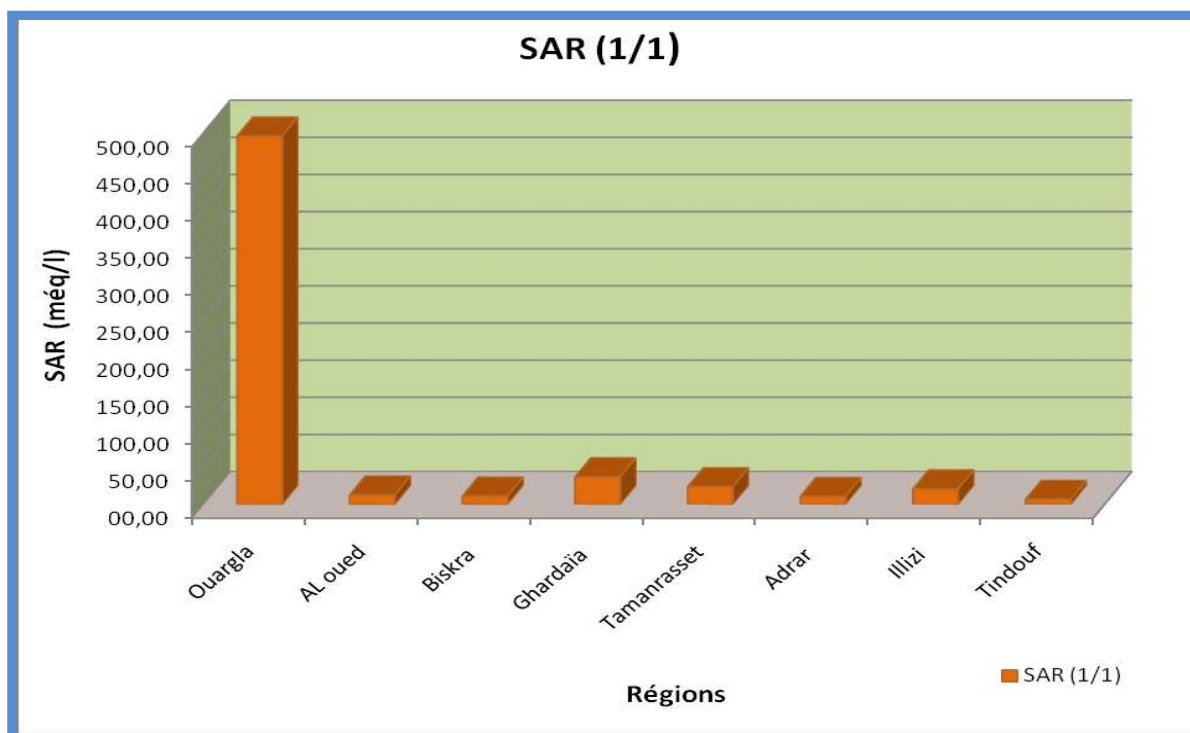
D'après l'appréciation de pH de l'eau (HEBERT, 1997) (Annexe N° 06), l'eau d'irrigation des 08 régions d'étude appartient aux classes suivantes :

**Tableau N° 16:** Classification de L'eau d'irrigation, D'après l'appréciation de pH de l'eau (HEBERT, 1997) , au niveau des 08 régions d'étude :

Région	pH (L'eau d'Irrigation)	Classe	Appreciation
Ouargla	7,727	A	Bonne qualité
EL oued	7,493	A	Bonne qualité
Biskra	7,553	A	Bonne qualité
Ghardaïa	8,373	A	Bonne qualité
Tamanrasset	7,943	A	Bonne qualité
Adrar	7,883	A	Bonne qualité
Illizi	7,65	A	Bonne qualité
Tindouf	7,84	A	Bonne qualité

**V.1.1.4. Le SAR de la solution du sol et de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude**

**V.1.1.4.1. Le SAR des extraits dilués (1 / 1 , 1/2.5 ,1/5, 1/10) et de la pâte saturée**



**Figure N° 19 :** Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1 / 1 ) au niveau des 08 régions d'étude.

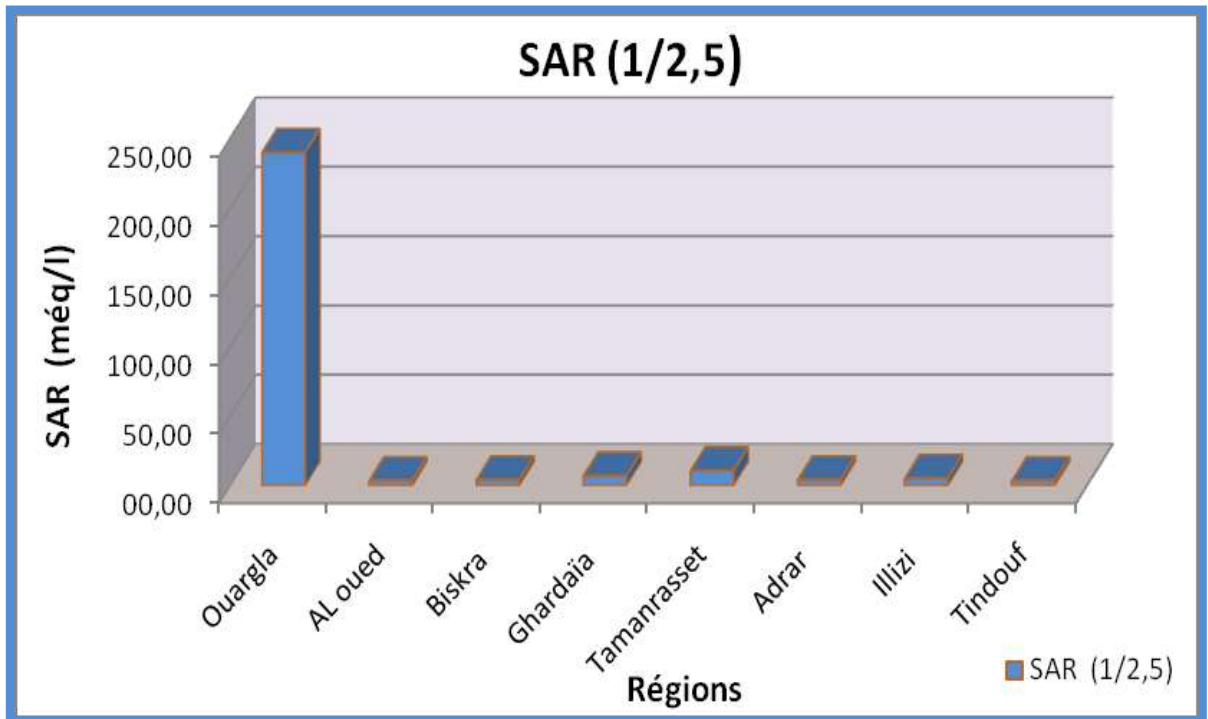


Figure N° 20 : Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1/2.5) au niveau des 08 régions d'étude.

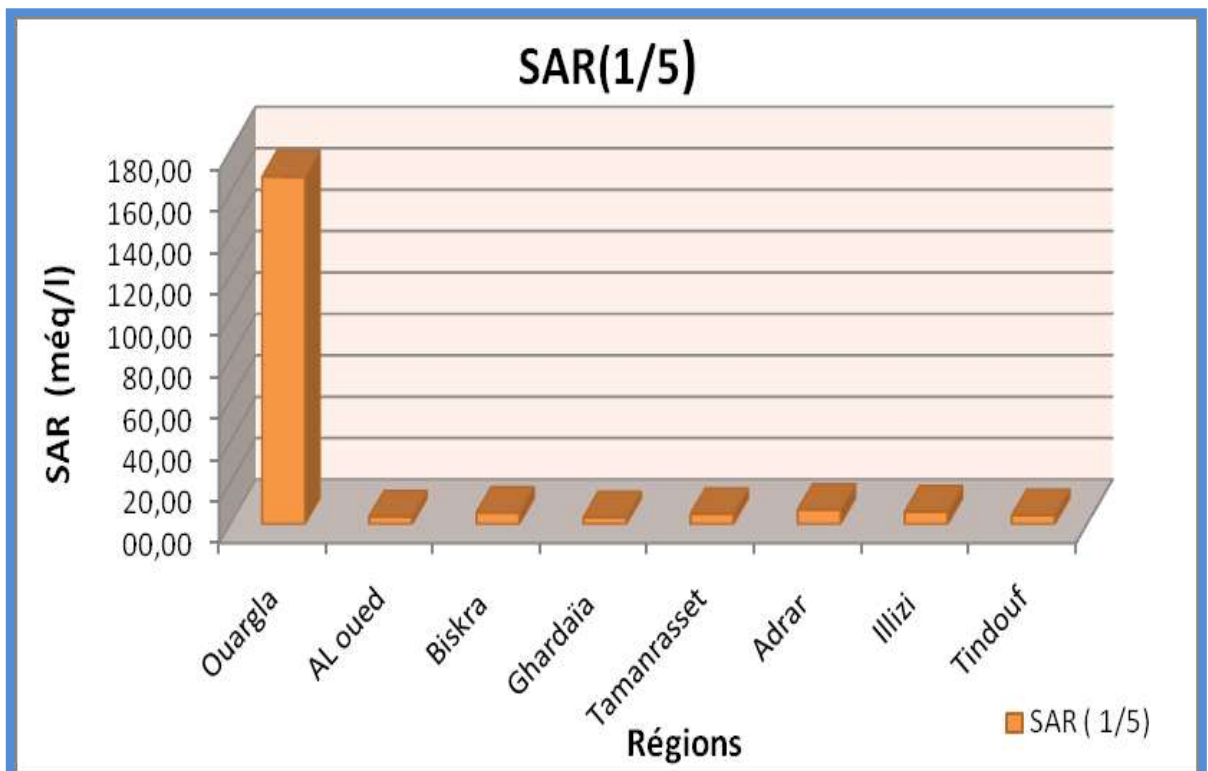


Figure N° 21 : Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué (1/5) au niveau des 08 régions d'étude.

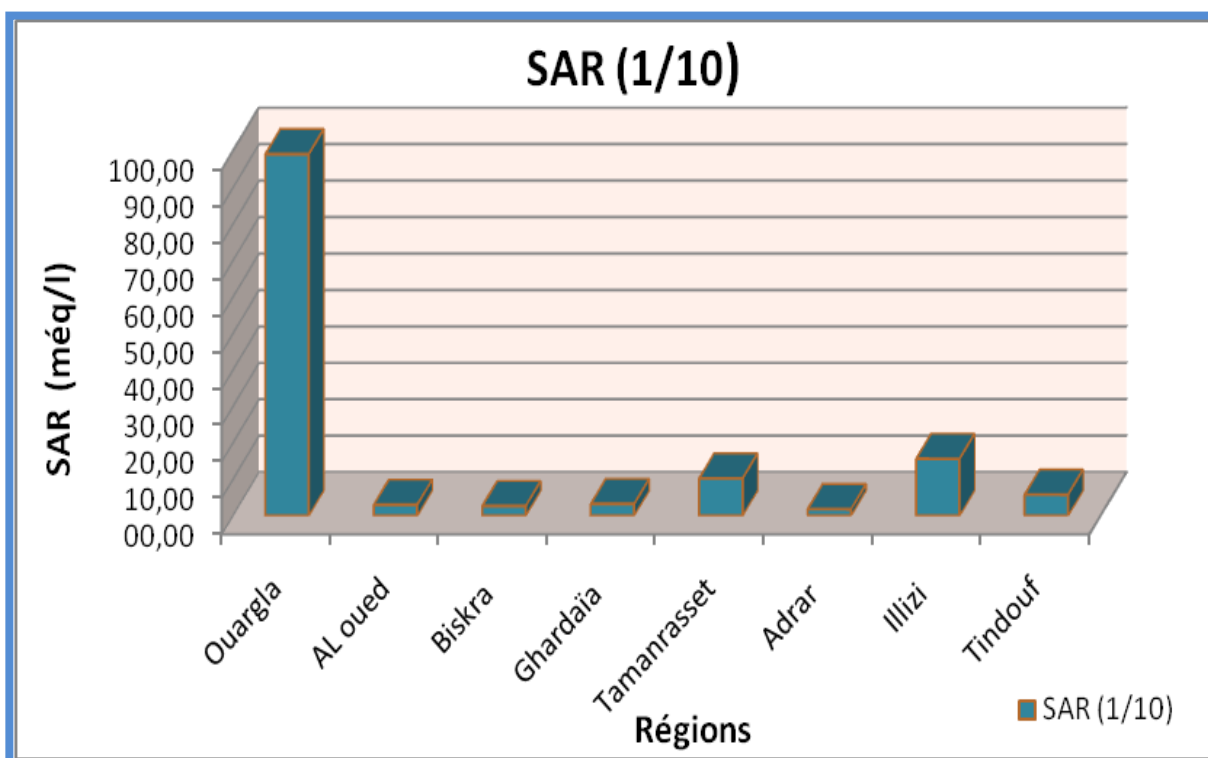


Figure N° 22 : Valeurs moyenne de SAR de l'extrait dilué ( 1/10) au niveau des 08 régions d'étude.

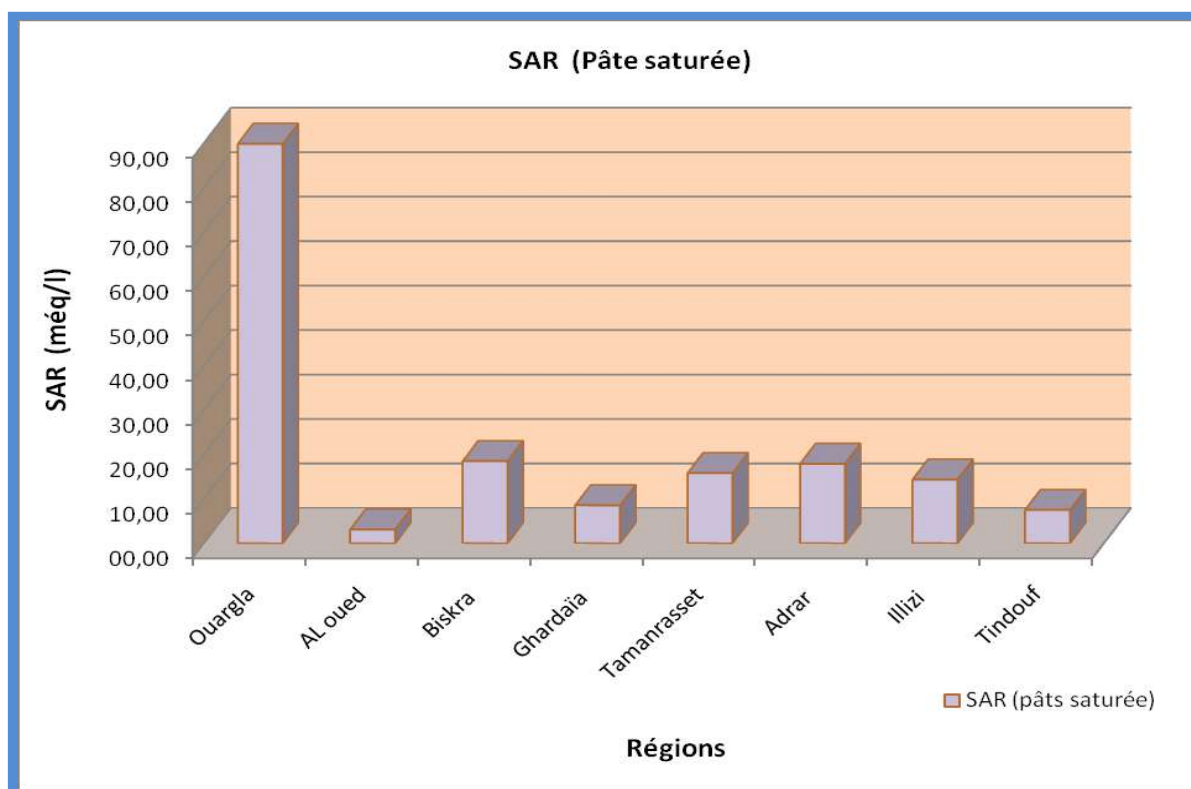


Figure N° 23 : Valeurs de SAR de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude.



Les résultats de mesure de SAR des extraits dilués et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude sont présentés dans les figure (N°19, N°20, N°21, N°22, N°23) et dans le tableau (Annexe N°15) les résultats obtenus montrent ce qui suit :

Pour la région de Ouargla, le SAR varie entre une valeur minimale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 89,81 méq/l et une valeur maximale enregistrée par le rapport (1/1) = 495,96 méq/l .

Pour la région d' EL oued ,le SAR varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) = 2,94 méq/l et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 12,58 méq/l .

Les valeurs de SAR dans la région Biskra varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) = 02,94 méq/l , et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 18,47 méq/l .

Quant aux valeurs de SAR dans la région de Ghardaïa varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapport (1/10) = 03,1791 méq/l et une valeur maximale enregistrée par le rapport (1/1) = 36,91 méq/l .

Le SAR de Tamanrasset varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapporte (1/5)= 04,9391 méq/l et une valeur maximale enregistrée par le rapport (1/1) = 23,66 méq/l .

Pour les sols d'Adrar, le SAR varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapporte (1/10) = 01,76 méq/l , et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 17,88 méq/l .

Le SAR de Illizi varie entre une valeur minimale enregistrée par le rapporte (1/2,5)= 05,06 méq/l et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée = 20,73 méq/l .

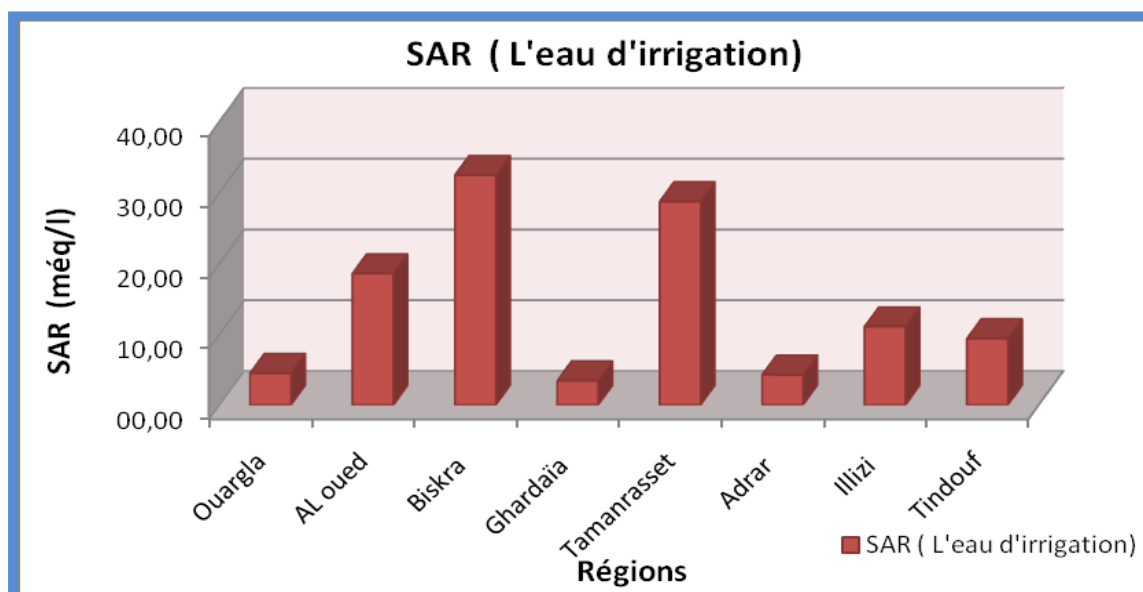
A Tindouf, les résultats de SAR varient entre une valeur minimale enregistrée par le rapporte =03,37 méq/l et une valeur maximale enregistrée par l'extrait de la pâte saturée 7,4991 méq/l.

D'après le tableau N°03 (Annexe N°01 ), (SERVANT et SARVAT, 1966 in BENZAHY, 1994), le degré d'alcalinisation du sol (extrait1/5) , au niveau des 08 régions d'étude est évalué comme suit :

**Tableau N° 1 8:** Classification de sol ( l'extrait 1/5) d'après le degré d'alcalinisation du sol (AUBERT ,1978) ,au niveau des 08 régions d'étude :

Région	SAR (extrait1/5) méq/l	Degré d'alcalinisation
<b>Ouargla</b>	167,66	Alcalinisation intense
<b>EL Oued</b>	03,57	Pas d'alcalinisation
<b>Biskra</b>	05,43	Faible alcalinisation
<b>Ghardaïa</b>	03,18	Pas d'alcalinisation
<b>Tamanrasset</b>	04,93	Faible alcalinisation
<b>Adrar</b>	06,87	Faible alcalinisation
<b>Illizi</b>	05,97	Faible alcalinisation
<b>Tindouf</b>	04,23	Faible alcalinisation

## V.1.1.4.2. Le SAR de l'eau d'irrigation



**Figure N° 24** : Valeurs de SAR de l'eau d'irrigation des 08 régions d'étude.

Les résultats de mesure de SAR de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude sont présentés dans la figure N° 24 et dans le tableau (Annexe N°15).

Le SAR de l'eau d'irrigation varie entre une valeur minimale enregistrée dans la région de Ghardaïa 3,42 még/l et une valeur maximale enregistrée dans la région de Biskra 32,45 még/l.

D'après la classification de l'U.S.S.L (1954) (Annexe N°03) des eaux, les eaux utilisées pour l'irrigation dans les 08 régions d'études appartiennent aux classes suivantes:

Pour les régions de Ghardaïa, Adrar, Ouargla et Tindouf, enregistrent respectivement des valeurs de SAR de : 3,42 még/l; 4,25 még/l; 4,47 még/l , 9,39 még/l; . Ces valeurs inférieures  $SAR < 10$ . De ce fait, l'eau dans ces régions présente une teneur en sodium. Ces eaux peuvent être utilisées dans presque tous les sols sans qu'il y ait des difficultés d'alcalinisation (Classe **S1**) .

Pour la région de Illizi, la valeur de SAR est de 11,6 még/l, donc située dans l'intervalle ( $10 < SAR < 18$ ). Cette valeur du SAR correspond à une teneur moyenne en sodium. Cette eau peut présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine.

Alors, qu'elle peut être utilisée sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau (Classe **S2**).

Pour la région de EL oued, la valeur de SAR est de 18, 57 méq/l, donc située dans l'intervalle (**18 < S.A.R < 26**) . Le SAR dans cette région contient une teneur élevé en sodium, qui peut provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peut être employée qu'avec des précautions spéciales (bon drainage et un lessivage important) (Classe **S3**).

Pour les régions de Tamanrasset et Biskra, les valeurs de SAR enregistrées pour l'eau d'irrigation sont de 28,74 méq/l et 32,45 méq/l, Ces valeurs sont **>26**. Donc présentent une teneur très élevée en sodium. Ces types d'eaux sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendement analogue permet leur utilisation (Classe **S4**).

En prenant en considération les résultats de la conductivité électrique et du SAR de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude et d'après la classification de l'U.S.S.L (1954) qui tient compte les deux paramètres (Annexe N° 03 ), les eaux utilisées pour l'irrigation au niveau des 08 régions d'étude appartiennent aux classes suivantes (Figure N° 25) :

**Tableau N°19:** Classification de L'eau d'irrigation, D'après la classification de (l'U.S.S.L 1954) , au niveau des 08 régions d'étude :

Région	Classe d'eau d'irrigation	Interprétation
<b>Ouargla</b>	C5S2	Très déconseillé pour l'irrigation
<b>Al Oued</b>	C3S4	Qualité mauvaise
<b>Biskra</b>	C3S4	Qualité mauvaise
<b>Ghardaïa</b>	C4S3	Qualité â mediocre a mauvaise
<b>Tamanrasset</b>	C4S4	Déconseillé pour l'irrigation
<b>Adrar</b>	C4S2	Qualité mauvaise
<b>Illizi</b>	C3S2	Qualité â mediocre a mauvaise
<b>Tindouf</b>	C3S2	Qualité â mediocre a mauvaise

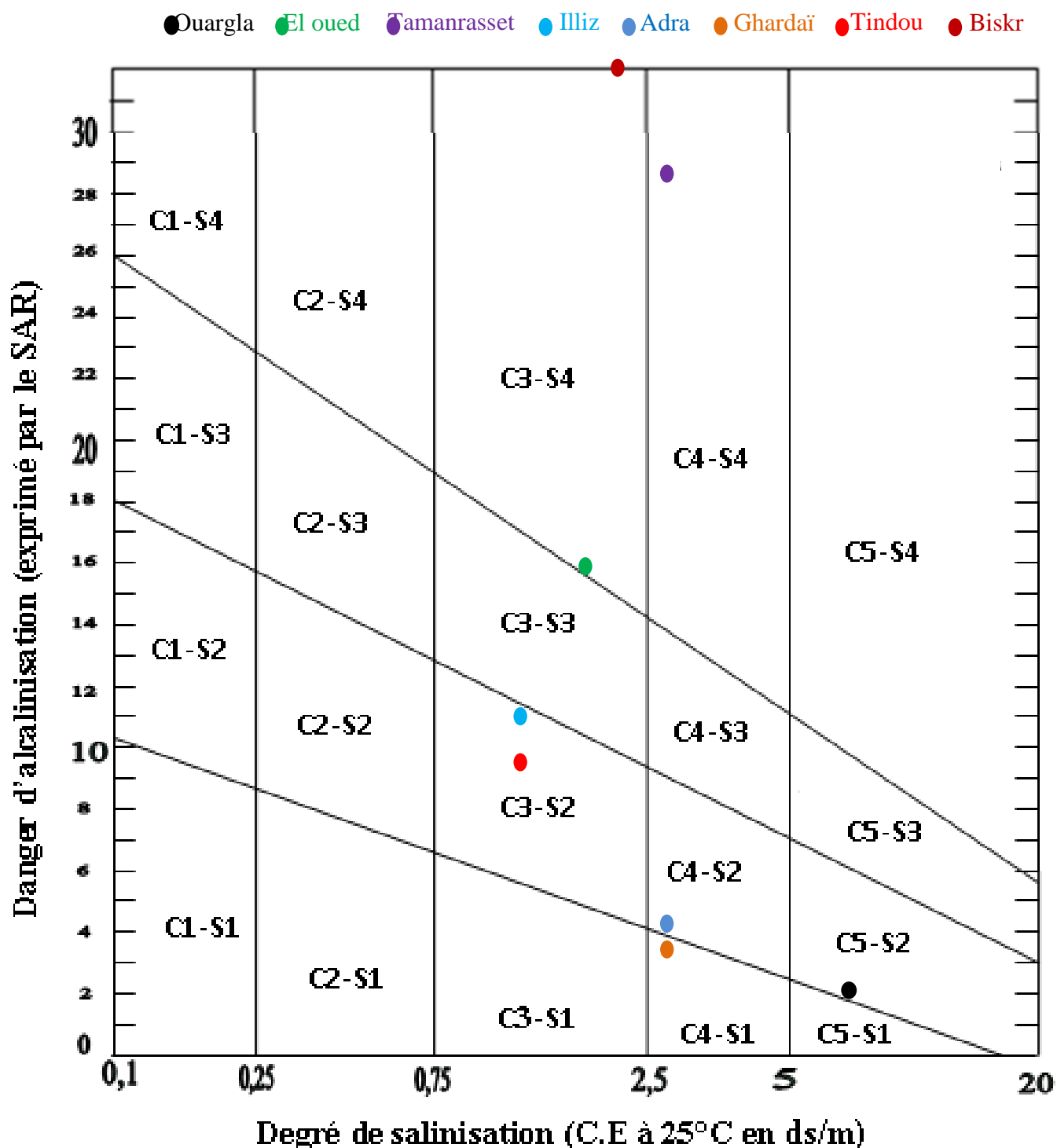


Figure N° 25 : Classification des eaux d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude selon le Diagramme de RIVERSIDE modifié par DURAND

V.1.2. Etude de quelques corrélations

V.1.2.1. Corrélation entre la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10) du sol et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation

La corrélation entre la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10) et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude est présentée dans la figure N° 26.

L'examen de la figure N° 26 montre que les valeurs de la CE des extraits dilués augmentent proportionnellement avec l'augmentation de la CE pâte saturée.

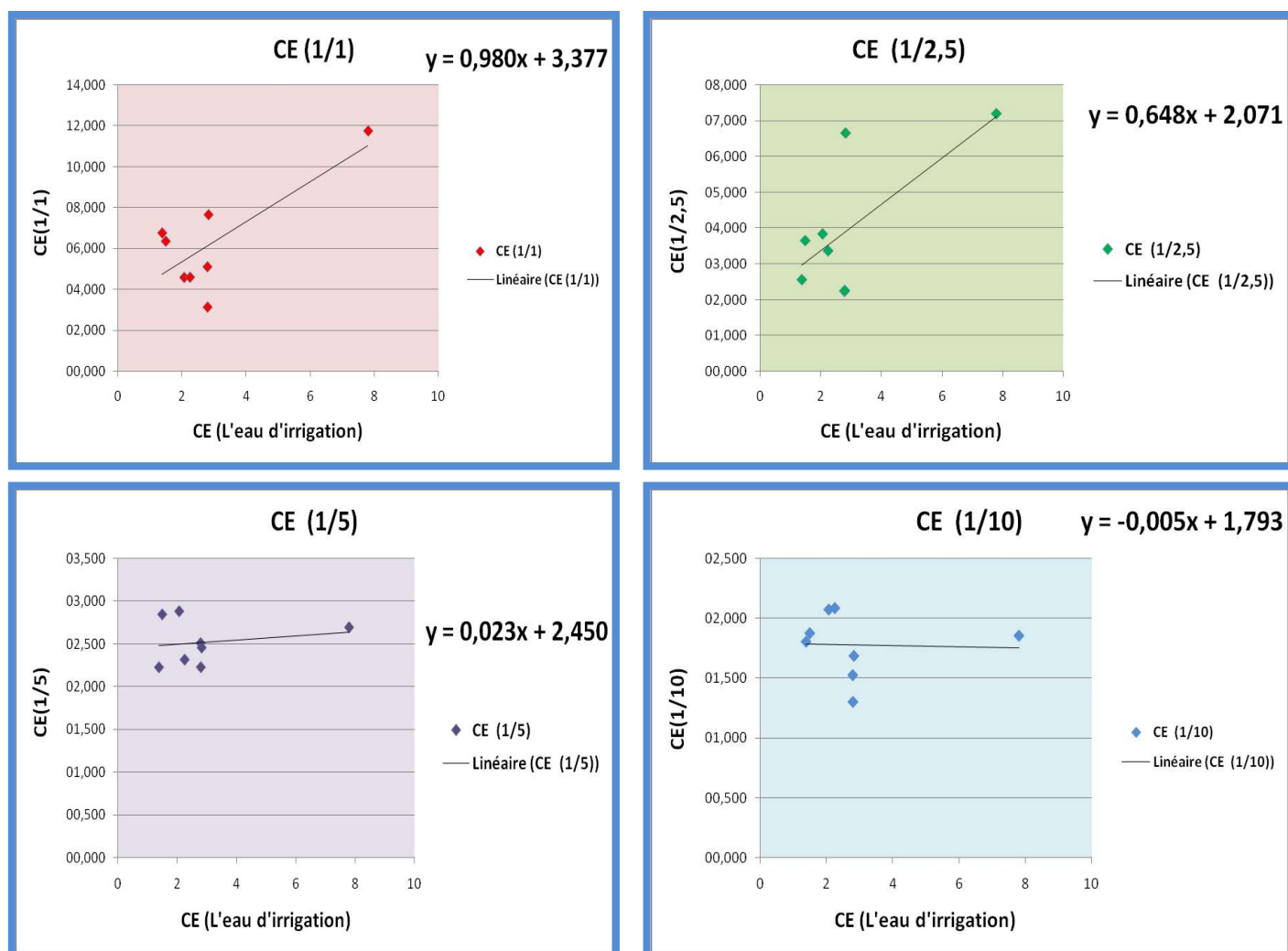
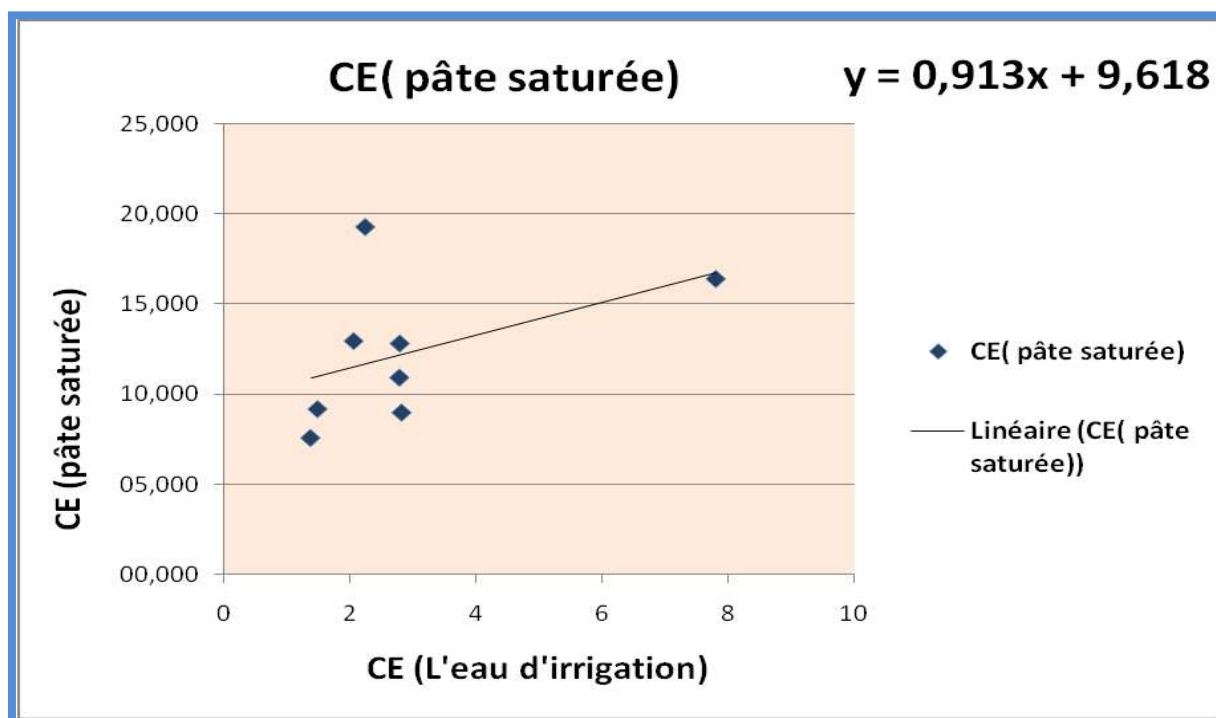


Figure N° 26 : Corrélation entre la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10) du sol et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.

### V.1. 2. 2. Corrélation entre la conductivité électrique de l'eau d'irrigation et la conductivité électrique de la pâte saturée du sol

La corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée et celle de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude est présentée dans la figure N° 27.

La conductivité électrique de la pâte saturée augmente proportionnellement avec l'augmentation de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation. Ce qui explique l'origine secondaire de la salinité au niveau de nos régions d'étude, autrement dit que la salinité du sol est fortement liée à la salinité de l'eau d'irrigation.



**Figure N° 27 :** Corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée du sol et la conductivité électrique de l'eau d'irrigation

V.1. 2. 3. Corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée et la conductivité électrique des extraits dilués (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10)

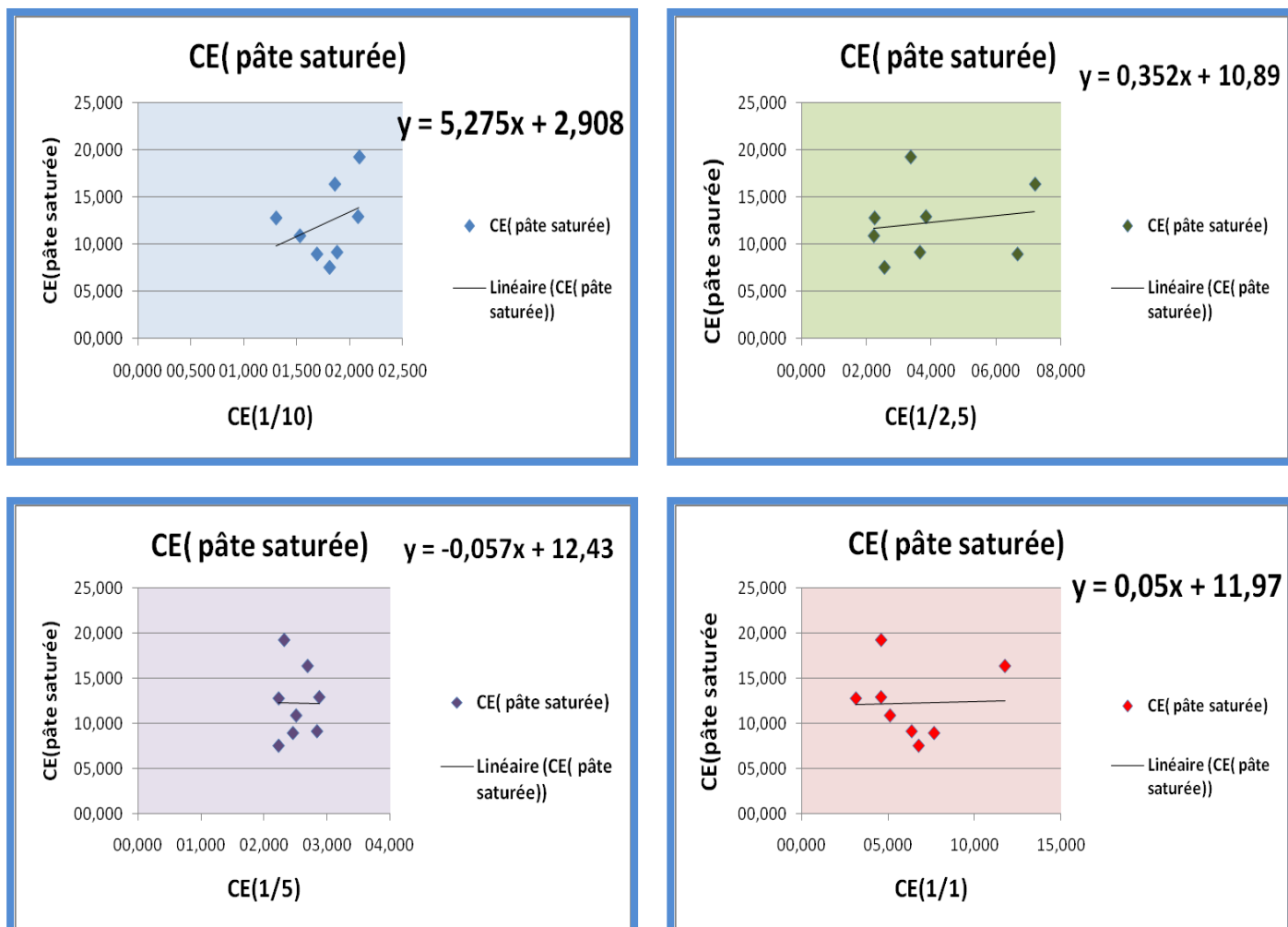


Figure N° 28 : Corrélation entre la conductivité électrique de la pâte saturée et la conductivité électrique des l’extraits diluées (1/1, 1/2,5, 1/5, 1/10).

L’examen de la figure N° 29 montre une corrélation positive entre la CE de la pâte saturée et la conductivité électrique des l’extraits diluées (1/1, 1/2,5, 1/10) au niveau des 08 régions d’étude. Toutefois, une corrélation négative a été enregistrée entre la conductivité électrique pate saturée et extrait 1/5.



## V.2. Discussion générale

La conductivité électrique mesurée (pâte saturée et extraits dilués) dans les sols de 08 régions d'étude montre que les sols dominants sont très salés.

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante.

En fait, la salinisation enregistrée dans les 08 régions d'étude résulte de la forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie à cause du climat aride qui caractérise les régions d'étude (MUNNS et al., 2006).

L'activité agricole dans les régions sud de l'Algérie en général n'est possible qu'avec l'irrigation. Cette dernière repose presque totalement sur des eaux souterraines fossiles très minéralisées.

Le développement de la culture irriguée dans les régions arides entraîne souvent une extension secondaire des terres salées, liée à la dégradation chimique et physique des sols et à la mauvaise conduite de l'irrigation (MENNASSERAS, 2009) .



*Conclusion générale*

### Conclusion générale

Notre travail expérimental a été basé sur la détermination de la salinité totale du sol par la technique de mesure de la conductivité électrique dans l'extrait de la pâte saturée et des différents extraits dilués (1/1, 1/2.5, 1/5, 1/10) et l'élaboration de la relation entre la conductivité électrique du sol et celle de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions différentes dans le Sud de l'Algérie.

Les résultats obtenus ont indiqué que la conductivité électrique du sol (extrait pâte saturée) la plus élevée a été enregistrée dans la région de Biskra 19,03 dS/m, alors que la plus faible a été enregistrée dans la région de Tindouf 7,6 dS/m.

Quant à la salinité de l'eau, les résultats obtenus décèlent que la conductivité électrique la plus élevée de l'eau a été enregistrée dans la région de Ouargla, ce qui peut être expliqué surtout en évoquant la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation dans cette région par rapport aux autres régions, la mauvaise installation de réseau de drainage, la qualité des eaux de la nappe phréatique est très dégradée.

La corrélation étudiée entre la salinité de l'eau et celle de l'irrigation a bien montré l'origine secondaire de la salinité du sol au niveau de la plupart des régions étudiées, ce qui est liée notamment à la qualité trop minéralisée de l'eau utilisée pour l'irrigation dans ces régions.

En fait, l'extension de l'agriculture irriguée et l'utilisation des eaux saumâtres souterraines pour l'irrigation, combinées à une forte évaporation dans les régions arides, conduisent inévitablement à la salinisation des sols et des nappes d'eau.

Dans de nombreuses régions arides, et en particulier au Sud de l'Algérie, cette situation est aggravée par la raréfaction des ressources en eau douce suite aux faibles précipitations caractérisant ces régions. En effet, les eaux saumâtres constituent la majorité des eaux souterraines.

Toutefois, ces eaux à forte concentration en sels peuvent être utilisées en irrigation, si des pratiques de gestion adéquates sont appliquées (bon choix de

système d'irrigation, bon drainage, lessivage adéquat, fertilisation organique et minérale bien maîtrisée et fractionnée, choix de variétés des plantes résistantes.. ).



*Références bibliographiques*

Références bibliographiques

**A.N.R.H., 2007.** Rapport sur l'hydrologie de Ghardaïa 22p.

**ABDELLAOUI MOUHAMMED, 2012 .**Contribution à l'étude phytoécologique de la flore et de la végétation de l'ahaggar : région naturelle oua-helledjen. Memoire de master en ecologie et environnement ; université aboubekrbelkaïd-tlemcen. Tlemcen, 88p.

**ANONYME, 2006,** Conférence électronique sur la salinisation:Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p.

**ASHRAF M., HARRIS. 2004.** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants.Plant Science. 166:3-6.

**AUBERT G., 1978-** Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP, Marseille, 191 p.

**AUBERT G., 1983.** Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou sal-sodiques. Pédologie, 20(1) : 73-78.

**AUBERT, G., 1976.** Les sols sodiques en Afrique du Nord. Annuaire de l'I.N.A El Harrach, Alger Vol VI, n°1, pp: 185-196.

**BAATOUR O. ,M'RAH S. ,BEN BRAHIM N .,BOULESNEM F. ,LACHAAL M.,2004-**Réponse physiologique de la gesse(Lathyrus sativus) a la salinité du milieu .Revue des régions arides, Tome 1 ,N° .Spécial : 346-358.

**BASMAIL, M. 2008.** Etude de l'impact des eaux usées sur la dégradation des palmeraies du chott de la cuvette de Ouargla.Mém.Ing.Eco et Env.Ecos.stepanique et saharienne. Univ. d'Ouargla .77p.

**BEN BRAHIM., 2001.** Etude de l'effet saisonner de la nappe phréatique sur la dynamique des sels soluble dans un sol cultive et non cultivé dans la cuverte. Mémoire. Ing. Agro. Université de Ouargla. 110 .

- BENHAMMADI, O.** 2013. Effet de l'irrigation par l'eau de la nappe phréatique sur la dynamique des sels dans le sol de Guerrara Mém.Ing. Agro. Mise en valeur Univ. d'Ouargla .86p .
- BENZAHI Y., 1994** – contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué sous palmeraie. Thèse Ing. I.N.F.S.A.S., Ouargla, 111 p.
- BERNARDEL CLECH, 2000** Docteur sciences. Maitre de conférences Ecole Nationale d'ingénieurs des Travaux Agricoles de Bordeaux-agronomie des bases aux nouvelles.
- BOT A., 2000.** Land resource potential and constraints at regional and country levels. World Soil Resources Report N° 90. Rome: FAO of UN.
- BOUCHOUKH. I, 2009,** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin, Thèse Magister, Univ Mentouri -Constantine, pp7-8.
- BOUZAHER A., 1990.** Création d'oasis en Algérie. Options méditerranéennes, Série A, pp 11, 325-328.
- CALVET R., 2003,** Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques.Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 p.
- CARTER D.I., 1975.** Problems of salinity in agriculture. Plants in Saline Environnements. Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.
- CHERBU Y., 1991.** Les sols salés et leur réhabilitation .Etude bibliographique. p124.
- CLIMENT M., AUDOYE P., CLAUD CHOSSAT J., 2007.** Base technique de l'irrigation par aspersion, pp 8-9, 20-21.
- DAJOZ R. , 2003**-précis d'écologie .Edition Dunod, Paris,615p .
- DAOUD,Y et HALITIM ,A(1994)** .Irrigation et salinisation au sahara algérien .Secheresse .5 ,3 ;151-160.

de Guerrara), essai morphologique et analytique. Mémoire Mag. Agro., Ouargla, 81p.

**DELLALLE N.B., 1992.** Handbook on reference methods for soil analysis, Determination of specific conductance in supernatant 1:2 soil: water solution (Soil and Plant Analysis Council, Athens, GA), pp. 44–50.

**DEMELON A., 1966,** Dynamique du sol. Tome 1. 5<sup>ème</sup> Ed. Dunod. Paris, 520p.

**DERDOUR H., 1981** Contribution à l'étude de l'influence du taux de sodium échangeable sur le comportement des sols au compactage .Thèse Magister, I.N.A.Alger, 146p.

**DJILI B., 2004.** Etude des sols alluviaux en zones arides. Cas de la Daya d'El-Amied (région) .

**DUBOST ,2002.** Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algérienne. Ed, CRSTRA. Alger .423p.

**DUBOST ,D.(1992)** .Aridité ,agriculture et développement :le cas des oasis Algériennes .Sécheresse .

**DURAND J.H., 1958.** Les sols irrigables. Etude pédologique -Ed. Imbert, Alger, p190.

**DURAND J.H., 1983:** Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et

**F.A.O, 2005:** Annuaire statistique de la FAO .

**FAO., 1972.** La salinité ; Séminaire de Bagdad , Food and Agriculture Organisation.p272.

**FRONTIER S. , PICHOD6VIALE ,LEPRETRE A ,DAVOULT D ,LUCZAK C ,20046 –**  
Ecosystème,structure,fonctionnement,Evolution.3<sup>ème</sup> édition .Editions Dunod,Paris,549 P.

**GARG BK.,VYAS SP., KATHJU S.,LAHIRI AN.,MALI PC & SHARMA.PC.,1993.**Salinity-fertility interaction on growth, mineral composition and nitrogen metabolism of Indian mustard. J. Plant Nut 16(9): 1637-1650.



- GHASSMI F., JAKEMANA. J., NIX H. A., 1995** . Salinization of land and water resources. humans causes, extent, management and case studies, center for resources and environmental studies. The Australian National University. Canberra act 0200 Australia.
- HADJ-SAID, S., HAMDI-AISSA B., TOUIL Y., 2008**. Qualité et ressources en eaux souterraines dans un agrosystème oasien au Sahara d'Algérie (cas de l'oasis de Guerrara, M'Zab). Bull. du Groupe Francophone Humidité et Transferts en Milieux Poreux, 54, 195-198.
- HALITIM A., 1988**- Sol des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 141p Legros, D. & Mecherbet, A. (Eds.) (2009). Cognition et didactique de la compréhension et de la production d'écrit en FLE/S en contexte plurilingue et diglossique, Tlemcen : Konouz Edition.
- HAMMIA, I. 2012**. Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de Oued Righ Mém. Ing. Agro. Mise en valeur Univ. d'Ouargla .62p .
- HILLEL D., 2000** .Salinity Management for Sustainable Irrigation. The World Bank, Washington, D.C.
- HULLIN M., 1983**- Cours de drainage, partie consacrée aux sols salés, Cours photocopié, vol, 3, INA, Alger ; 139p.
- IDDER, T. 1998**. La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara Algérien .Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiations proposées. L'exemple de Ouargla .thèse de doctorat .Univ . Angers.284p.
- IMALET R., 1979**. Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>)des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot. Thèse Ingénieur ,INA, EL Harrach, p43.
- JEAN R et ALAIN V., 2006** : traité d'irrigation. Ed., Tec., Doc., Lavoisier.
- KHADRAOUI A., 2000**. Les ressources en eau dans le Sahara septentrional. Congrès scientifique Arabe El Oued. P : 20-28.

- KHADRAOUI, A (a)., 2006.** Eaux et sols en Algérie. Gestion et impact sur l'environnement 361P.
- KHALES A ., BAAZIZ M., 2006** .Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L, en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir. pp 133-136.
- LEGROS J. P., 2009.** La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier conférence n° 4069, Bull. n° 40, pp. 257-269.
- MAILLARD J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001,p 34.
- MARLET.S et JOB.J, 2006,** Processus et gestion de la salinité des sols. In : Tiercelin Jean-Robert (ed.), Vidal Alain (ed.).*Traité d'irrigation*. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 02p.
- MERMOUD, 2006,** Cours physique du sol, Maîtrise de la salinité des sols, 01p.
- MESSEDI D., ABDELLY C., 2004.** Physiologie de la tolérance au sel d'une halophyte de recouvrement: *Batis maritima*. Revue des Régions Arides, Tome 1, No spécial : 192-199.
- MUNNS R., RICHARD A.J, LAUCHLI A., 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5, pp. 1025–1043.
- OMEIRI, 1994** Contribution a l'étude de la dynamique saisonnière des sols solubles dans la cuvette d'Ouargla. Thèse Ing.125p.
- OUSTANI, M 1994** Contribution à l'étude de l'influence de certains amendements organiques sur les propriétés biologiques et chimiques d'un sol salé de la région d'Ouargla. Thèse D'Ing. INFASAS. Ouargla.128p.

- OUSTANIK, 2006**, Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salé et salé dans les régions sahariennes (cas de Ouargla ) .Thèse Magister .Université .Ouargla187p .
- RICHARDS L.A., 1954**, Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils, United States Salinity Laboratory Staff, Agricultural handbook N° 60, United States Department of Agriculture, 160p.
- ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975**. Les pays de Ouargla (Sahara algérienne).Ed département géographique.Paris, Sorbonne, p310.
- SEDRATI ,2011**. Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de biskra-Sud est Algérien thèse de doctorat p252 .
- SNOUSSI et HALITI, 1998**, Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées : cas de la tomate et du haricot. EGS. 5, 4, pp 289 – 298.
- SOLTNER D., 1989** Les bases de la production végétale. Le sol. Ed. Angers, 468 p.
- STENGEL.P., et GELIN.S., 1998**, Sol : interface fragile. INRA Editions. Paris, France, 214pp.
- SUN F., 2007**. Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. Plant Physiology. pp178-188.
- SZABOLCS, 1979**, The limitation of potential yield by salinity and alkalinity of soils with particular reference to the mediterranean regions. In. soils in Mediterranean type climates and their yield potential. Proceedings IPI. Spain. 121 - 123.  
technique. P.U. France, 190 p.
- TOUTAIN G , 1979**. Elément d'agronomie saharienne. De la recherche au développement.Marrakech, 276 p.



*ANNEXE*

**Annexe N°01** : Tableau N°03 : Sodium adsorption Ratio et degré d'alcalinisation des sols (SERVANT et SARVAT, 1966 in BENZAHI, 1994).

S.A.R	Degrés d'alcalinisation
$\leq 4$	Pas d'alcalinisation
$4 < S.A.R \leq 8$	Faible alcalinisation
$8 < S.A.R \leq 12$	Alcalinisation moyenne
$12 < S.A.R \leq 18$	Alcalinisation forte
$> 18$	Alcalinisation intense

**Annexe N°02** : Tableau N°07 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation (Durand,1958 ).

Conductivité électrique (dS/m)	Concentration (g/l)	Evaluation américaine	Evaluation russe	Evaluation de DURAND l'Algérie pour
$CE < 0.25$	$< 0.2$	Faible salé	Faible qualité	Non saline
$0.25 < CE < 0.75$	$0.2-0.5$	Moyennement salée		Salinité
$0.75 < CE < 2.25$	$0.5-1.5$	Fortement salée	Risque de salinisation	moyenne
$2.25 < CE < 5$	$1.5-3$	T. fortement salée		Forte salinité
$5 < CE < 20$	$3-7$	Salinité excessive	Ne peut être utilisée sans lessivage	Très forte salinité
				Salinité excessive

Annexe N°03 : Tableau N°08 : classe d'eau selon l'U.S.S.L (1954) .

Classe	Qualité	Interprétation
C1-S1	Bonne qualité	Précaution avec les plantes sensibles
C1-S2 C2-S1	Qualité moyen à bonne	A utilisé avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbre fruitières)
C2-S2 C1-S3 C3-S1	Qualité moyenne à médiocre	A utilisé avec précaution. Nécessite de drainage avec dose de lessivage et/ou apport de gypse
C1-S2 C1-S3 C3-S2 C4-S1	Qualité à médiocre à mauvaise	Exclure les plantes sensibles et les sols lourds. Utilisable avec beaucoup de précautions dans les sols légers, bien drainés avec dose de lessivage et /ou apports des gypses.
C2-S1 S2-C4 C3-S3	Qualité mauvaise	A utiliser, avec beaucoup de précaution que dans les sols légers et bien drainé et pour des plantes résistantes. Risque élevés. Lessivage et apport de gypses indispensables.
C3-S4 C4-S3	Qualité mauvaise	A utilisé que dans des circonstances exceptionnelles
C4-S4	Déconseiller pour l'irrigation	
C5-S1 C5-S2 C5-S3 C5-S4	Très Déconseillé pour l'irrigation	

(BENHAMMADI, OUM KELYHOUM 2013).

---

**Annexe N°04** : Protocole de préparation de l'extrait saturé .

**Protocole de la pâte saturée**

- 1- Peser dans une capsule en porcelaine, 250g ou 500g de terre fine .
- 2- A l'aide d'une burette remplie d'eau déminéralisée, verser de l'eau sur la terre pour l'humecter sans la malaxer.
- 3- Puis malaxer avec une spatule métallique , la terre jusqu'à l'obtention d'une pate présentant les caractères suivants ,d'ailleurs mentionnés pour « la capacité de saturation » ,La terre doit :
  - ✓ Se détacher de son propre poids de la spatule,
  - ✓ Glisser doucement sue le fond de la capsule inclinée,
  - ✓ Présenter une surface brillante sans qu'apparaisse de l'eau libre,
  - ✓ Renferme une surface régulière après qu'elle ait été entaillée d'un sillon de quelque millimètres à l'aide d'un canif, l'entaille doit disparaître après avoir frappé, une dizaine de coupe, sur la table de travail.
- 4- Noter le nombre de ml d'eau nécessaire pour l'obtention d'une telle pâte.
- 5 -Sur la pâte rassemblé au fond de la capsule, creuses un petite trou de 2 à 3 cm<sup>2</sup>.
- 6 -Couvrir la capsule et laisser reposer durant 4heurs a fin de permettre la diffusion des sels solubles.
- 7- Si au bout d'une beure ,de l'eau s'est écoulée dans le trou, la quantité d'eau versée a été trop importante : le point de saturation a été dépassé . Pour remédier â cet inconvénient ajouter une quantité définie de terre pour obtenir une pâte juste saturée en eau et présentant les caractères cités précédemment.
- 8- Après un repos de 4 heurs ,mettre la pâte sur un entonnoir de RICHARDS pourvu d'un filtre durci.
- 9- Filtrer sous vide et recueillir le filtrat.
- 10- mesurer le volume du filtrat

**Annexe N°05 : Dosage de magnésium.****Mode opératoire**✓ **Réactifs**

- Solution de l' EDTANa2 0,05 mol /L .
- Solution tampon pH= (8 à 10).
- Indicateur coloré noire erichrome T.

✓ **Dosage**

- On prépare 10 ou 50 ml échantillons par séries dans un bécher de 250ml.
- Ajouter 40ml d'eau distillé.
- Ajouter de 7 à 8 gouttes d'indicateur coloré.
- Ajoute 3ml de solution tampon.
- Porter a douce ébullition a 55-60C<sup>0</sup> dans un bain –marie.
- Après avoir versé V ml de la solution EDTANa2 jusqu'à ce qu'elle vire du rouge vin au bleu.

✓ **Calculs**

$$N_{Mg^{++}} \text{ (méq /l)} = 1000. 0,02. nbs .V1/VPE$$

$$N_{Ca^{++}} \text{ (méq /l)} = 1000. 0,02. nbs. (V1-V2) /VPE$$

Avec

V1= volume verse de l' EDTANa2.

VPE = volume de prise d'essai.

V = volume verse total .

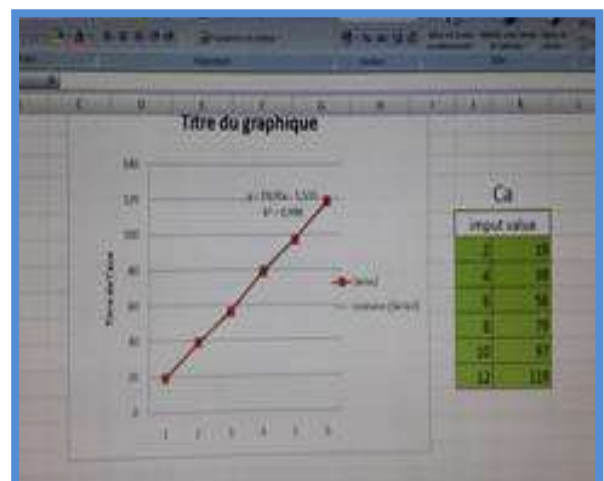
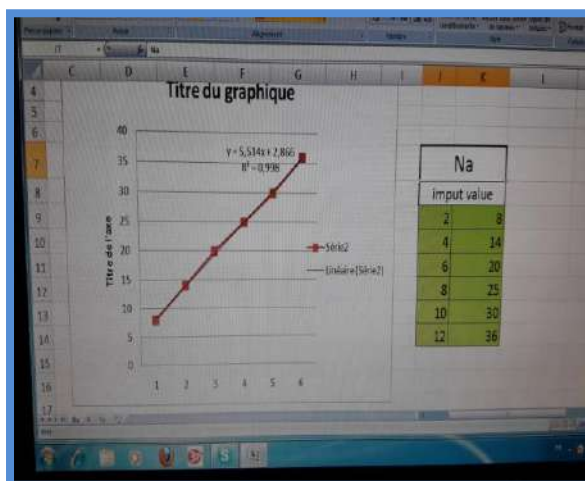
Nbs = nombre du dilution.



**Annexe N°06 :** Tableau N°17 : Appréciation de la qualité de l'eau selon pH (HEBERT, 1997).

Valeur de pH	Classe	Appréciation
6.9-8.6	A	Bonne qualité
6.5-6.8 ou 8.7-9.0	B	Qualité satisfaisante
6.2-6.4 ou 9.1-9.3	C	Qualité douteuse
5.8-6.1 ou 9.4-9.6	D	Mauvaise qualité
<5.8 ou >9.6	E	Très mauvaise qualité

**Annexe N°07 :** Les courbe d'étalonnage de spectrophotomètres à flamme.



**Annexe N°08** : Tableau N°20: Les valeurs de mesure de la conductivité électrique des extraits dilués et de l'eau d'irrigation de chaque stations au niveau des 08 régions d'étude.

		CE ( ds /m )				
Régions	Stations	L'eau d'irrigation	Rapport 1/1	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5	Rapport 1/10
Ouargla	LITAS	03,163	19,355	08,363	02,800	02,671
	HASSI BEN ABDELLAH	07,701	10,638	04,805	02,655	01,458
	TOUGGOURT	12,538	05,293	08,424	02,626	01,442
EL oued	EL-OUED	02,096	04,761	03,581	02,867	01,892
	DJAMAA	01,984	04,996	03,495	02,761	02,360
	M'RARA	02,107	03,988	04,425	03,013	01,975
Biskra	SIDI OKBA	02,237	04,000	02,457	01,835	01,543
	MEZIRAA	02,348	04,991	04,321	02,655	02,532
	TOLGA	02,149	04,781	03,309	02,463	02,190
Ghardaïa	MANSOURA	02,991	02,059	01,400	02,277	01,700
	EL MENIAA 1	02,832	05,448	02,296	02,574	01,850
	EL MENIAA 2	02,534	07,806	02,986	02,677	01,029
Tamanrasset	TAZROUK	02,332	02,420	02,327	02,242	01,235
	AIN SALAH	02,934	02,541	02,470	02,198	01,332
	TAMANRASSET	03,109	04,420	01,956	02,250	01,338
Adrar	ADRAR	02,822	08,156	07,363	02,705	02,135
	TIMIMOUN	03,020	07,827	06,385	02,346	01,570
	OULED AISSA	02,622	06,989	06,219	02,321	01,357
Illizi	BORDJ OMAR DRISS	01,956	06,242	03,613	02,492	02,005
	ILLIZI	00,724	06,588	04,130	03,360	02,130
	DJANET	01,785	06,242	03,194	02,680	01,497
Tindouf	TINDOUF 1	01,389	06,699	02,500	02,170	01,648
	TINDOUF 2	01,369	06,997	02,606	02,686	02,043
	TINDOUF 3	01,372	06,589	02,554	01,829	01,728

**Annexe N°09** : Tableau N°21: Les valeurs moyenne de mesure de la conductivité électrique des extraits dilués , de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude .

CE ( ds /m)						
Régions	L'eau d'irrigation	Rapport 1/1	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5	Rapport 1/10	pats saturée
Ouargla	07,801	11,762	07,197	02,694	01,857	16,420
EL oued	02,062	04,582	03,834	02,880	02,076	12,974
Biskra	02,245	04,591	03,362	02,318	02,088	19,300
Ghardaïa	02,786	05,104	02,227	02,509	01,526	10,947
Tamanrasset	02,792	03,127	02,251	02,230	01,302	12,840
Adrar	02,821	07,657	06,656	02,457	01,687	09,007
Illizi	01,488	06,357	03,646	02,844	01,877	09,201
Tindouf	01,377	06,762	02,553	02,228	01,806	07,601

**Annexe N°10 : Tableau N° 22:** Les valeurs de mesure de pH des extraits dilués et de l'eau d'irrigation de chaque stations au niveau des 08 régions d'étude

		pH		
Régions	Stations	L'eau d'irrigation	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5
Ouargla	LITAS	08,34	06,73	07,86
	HASSI BEN ABDELLAH	06,86	07,50	07,45
	TOUGGOURT	07,98	06,92	07,80
AL oued	EL-OUED	07,67	07,58	07,42
	DJAMAA	07,28	07,56	07,31
	M'RARA	07,53	07,72	07,61
Biskra	SIDI OKBA	07,17	07,24	07,33
	MEZIRAA	07,68	07,35	07,41
	TOLGA	07,81	07,29	07,38
Ghardaïa	MANSOURA	08,36	07,37	07,21
	EL MENIAA 1	08,48	07,82	07,43
	EL MENIAA 2	08,28	08,14	08,13
Tamanrasset	TAZROUK	08,08	07,27	07,34
	AIN SALAH	07,85	07,52	07,45
	TAMANRASSET	07,90	07,38	07,49
Adrar	ADRAR	07,88	07,28	07,11
	TIMIMOUN	07,92	08,29	08,27
	OULED AISSA	07,85	07,17	07,09
Illizi	BORDJ OMAR DRISS	07,74	07,14	07,80
	ILLIZI	07,69	07,82	07,70
	DJANET	07,52	07,77	07,92
Tindouf	TINDOUF 1	07,930	07,810	07,810
	TINDOUF 2	07,780	07,840	07,700
	TINDOUF 3	07,810	08,150	07,640

**Annexe N°11 : Tableau N°23:** Les valeurs moyenne de mesure de pH des extraits dilués et de l'eau d'irrigation au niveau des 08 régions d'étude

Régions	pH		
	L'eau d'irrigation	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5
Ouargla	07,73	07,05	07,70
AL oued	07,49	07,62	07,45
Biskra	07,55	07,29	07,37
Ghardaïa	08,37	07,78	07,59
Tamanrasset	07,94	07,39	07,43
Adrar	07,88	07,58	07,49
Illizi	07,65	07,58	07,81
Tindouf	07,84	07,93	07,72

**Annexe N°12 : Tableau N° 24:** Les valeurs de mesure de sodium des extraits dilués ,de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude

Régions	Na+ ( méq /l)					
	L'eau d'irrigation	Rapport 1/1	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5	Rapport 1/10	pats saturée
Ouargla	32,90	7166,30	3583,15	1799,49	917,54	1791,58
AL oued	175,60	143,96	41,13	40,34	28,48	41,13
Biskra	263,40	136,05	40,34	64,86	28,48	167,69
Ghardaïa	41,13	143,96	32,43	16,22	12,26	64,86
Tamanrasset	173,23	104,41	81,08	25,71	36,39	88,59
Adrar	33,18	65,26	32,43	32,43	10,76	173,23
Illizi	80,54	183,50	48,60	65,35	161,57	210,40
Tindouf	78,39	53,22	35,31	37,80	40,69	75,59

**Annexe N°13** : Tableau N°25: Les valeurs de mesure de calcium des extraits dilués de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude

Ca <sup>2+</sup> ( méq/l)						
Régions	L'eau d'irrigation	Rapport 1/1	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5	Rapport 1/10	pats saturée
Ouargla	52,40	275,57	295,66	160,39	130,25	595,94
AL oued	129,91	150,01	195,21	200,23	155,03	185,16
Biskra	99,78	230,37	115,18	185,16	155,03	124,89
Ghardaïa	257,49	10,48	13,93	26,99	17,95	83,24
Tamanrasset	20,63	20,96	16,01	10,48	05,49	33,01
Adrar	54,08	48,65	57,12	14,50	10,92	99,78
Illizi	71,86	106,87	130,35	184,15	115,56	311,10
Tindouf	59,47	95,99	80,16	65,00	76,54	113,45

**Annexe N°14** Tableau N°26: Les valeurs de mesure de magnésium des extraits dilués de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude

Mg <sup>2+</sup> ( méq/l)						
Régions	L'eau d'irrigation	Rapport 1/1	Rapport 1/2,5	Rapport 1/5	Rapport 1/10	pats saturée
Ouargla	56	142	150	70	41	200
AL oued	49	112	98	55	32	165
Biskra	32	70	90	100	84	40
Ghardaïa	32	20	30	25	12	32
Tamanrasset	52	18	100	44	20	30
Adrar	68	24	75	30	64	88
Illizi	34	50	54	56	100	120
Tindouf	80	30	140	95	24	90

**Annexe N° 15 :** Tableau N°27: Les valeurs de calcul de SAR des extraits dilués, de l'eau d'irrigation et de la pâte saturée au niveau des 08 régions d'étude .

SAR ( méq/l)						
Région	SAR ( L'eau d'irrigation)	SAR (1/1)	SAR (1/2,5)	SAR ( 1/5)	SAR (1/10)	SAR (pats saturée)
<b>Ouargla</b>	04,47	495,96	240,04	167,66	99,16	89,81
<b>AL oued</b>	18,57	12,58	03,40	03,57	02,94	03,11
<b>Biskra</b>	32,45	11,09	03,98	05,43	02,60	18,47
<b>Ghardaïa</b>	03,42	36,91	06,91	03,18	03,17	08,54
<b>Tamanrasset</b>	28,74	23,66	10,64	04,93	10,19	15,79
<b>Adrar</b>	04,25	10,73	03,99	06,87	01,76	17,88
<b>Illizi</b>	11,06	20,73	05,06	05,97	15,56	14,33
<b>Tindouf</b>	09,39	06,71	03,37	04,23	05,74	07,49

## Résumé

La présente étude vise à déterminer la conductivité électrique de sol et celle de l'eau d'irrigation de 08 régions d'étude, situées dans le Sud Algérien. Pour ce faire, des échantillons représentatifs de l'eau et du sol ont été prélevés et soumis à l'analyse au laboratoire. L'extraction des sels au niveau du sol a été réalisée sur un extrait de pâte saturée et des extraits dilués ( 1/1 , 1.2,5 , 1/5 et 1/10 ). Les régions étudiées sont : la région de Ouargla, El Oued , Biskra, Ghardaïa , Illizi, Adrar, Tindouf et Tamanrasset. Les résultats obtenus ont indiqué que la conductivité électrique du sol (extrait pâte saturée) la plus élevée a été enregistrée dans la région de Biskra 19 ,03 dS/m , alors que la plus faible a été enregistrée dans la région de Tindouf 07 ,601 dS/m. Quant à la conductivité de l'eau d'irrigation, les résultats obtenus montre que la valeur la plus élevée a été enregistrée dans la région de Ouargla 7 ,801 alors que la plus faible a été enregistrée dans la région de Tindouf 01 ,377 dS/m. L'ensemble des résultats obtenus montrent l'origine secondaire de la salinité du sol liée à la qualité saline de l'eau d'irrigation.

**Mot clés :** Conductivité électrique, Pâte saturée, Extrait dilué, Sol, Eau d'irrigation, Sud Algérien.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الناقلية الكهربائية للتربة ومياه الري في 08 ولايات تقع في الجنوب الجزائري. للقيام بذلك، تم جمع عينات من الماء والتربة و تحليلها في المخبر، تم إجراء استخراج الأملاح على مستوى التربة عن طريق مستخلص معجون مشبع، ومستخلصات مخففة ( 1/1 ، 1.2.5 ، 1/5 و 1/10 ) ، الولايات التي شملتها الدراسة هي: منطقة ورقلة ، الواد ، بسكرة ، غرداية ، إليزي ، أدرار ، تندوف وتمنراست.

أشارت النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن أعلى قيمة للناقلية الكهربائية للتربة (مستخلص العجينة المشبعة) تم تسجيلها في منطقة بسكرة 19 ، 03 dS / m ، في حين سجلت أدنى درجة في منطقة تندوف 07 ، 601 dS / m. أما بالنسبة للناقلية الكهربائية لمياه الري، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن أعلى قيمة تم تسجيلها في منطقة ورقلة 7،801 بينما سجلت أدنى قيمة في منطقة تندوف 01،377 dS/m. تظهر جميع النتائج التي تم الحصول عليها ان الأصل الثانوي للملوحة التربة مرتبط بمياه الري. الكلمات المفتاحية: الناقلية الكهربائية ، المعجون المشبع ، المستخلص المخفف ، التربة ، مياه الري ، جنوب الجزائر.

## Summary

The present study aims to determine the electrical conductivity of soil and that of irrigation water from 08 study areas, located in southern Algeria.

To do this, representative samples of water and soil were collected and submitted for analysis in the laboratory

The extraction of salts at ground level was carried out on a saturated paste extract and diluted extracts (1/1, 1.2.5, 1/5 and 1/10).

The studied regions are: Ouargla region, El Oued, Biskra, Ghardaia, Illizi, Adrar, Tindouf and Tamanrasset. The results obtained

indicated that the highest electrical conductivity of the soil (saturated paste extract) was recorded in the region of Biskra 19, 03 dS / m,

while the lowest was recorded in the region of Tindouf 07, 601 dS / m. As for the conductivity of the irrigation water, the results obtained

show that the highest value was recorded in the region of Ouargla 7, 801 while the lowest was recorded in the region of Tindouf 01, 377 dS

/ m. All the results obtained show the secondary origin of soil salinity linked to the saline quality of the irrigation water.

**Key words:** Electrical conductivity, Saturated paste, Diluted extract, Soil, Irrigation water, South Algerian.