



Université Kasdi MERBAH Ouargla

Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

**En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat
En Agronomie Saharienne
Option : Production Végétale**

THEME

**Effets du stress salin sur la productivité
de populations sahariennes locales
de la luzerne (*Medicago sativa* L.)**

Présenté par

Mlle AISSAOUI Halima Saadia
Mlle REFFAS Seloua

Devant le jury

| | | |
|--------------|---------------------|-------------|
| Présidente : | Mme BISSATI S. | M. C. |
| Promoteur: | Mr CHAABENA A. | M. A. |
| Examineurs : | Mme DJERROUDI O. | M. A. |
| | Mlle BAAMEUR M. | Magister |
| | Mr DADDI BOUHOUN M. | M. A. C. C. |

Année Universitaire : 2006/2007

Remerciements

Louange à dieu tout puissant tout ce qu'il nous a donné afin que nous puissions terminer ce travail.

C'est avec beaucoup de reconnaissance que nous adressons nos sincères remerciements à Monsieur **CHAABENA Ahmed**, Maître assistant à la Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur pour avoir suivi et dirigé ce travail, nous le remercions infiniment, pour son aide, ses conseils, ses orientations ainsi que, ses remarques et ses critiques nous ont été d'un apport précieux.

Nous remercions également Mme **BISSATI S.** Maître de conférence à la Faculté des Sciences et Sciences de l'Ingénieur, qui nous fait l'honneur d'accepter de présider le jury de soutenance.

Nos remerciements vont aussi à M^{me} **DJERROUDI O.** Maître assistante, M^{lle} **BAAMEUR M.** Magistère ainsi que Mr **DADDI BOUHOUN M.** Maître assistant chargé de cours d'avoir eu la gentillesse d'accepter de faire partie du jury de cette soutenance et d'examiner ce travail.

A tout le personnel du laboratoire du département d'Agronomie et de Biologie, ainsi qu'au personnel de bibliothèque.

Nous n'oublierions pas de remercier Monsieur **Ishak BEN MALEK** pour son aide précieuse et de leur patience.

Nous remercions dans la même pensée tous nos amis, surtout aux étudiants et étudiantes de la 19^{ème} promotion d'Agronomie Saharienne et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin qui nous ont aidé, d'une manière ou d'une autre, dans la réalisation de ce travail.

Liste des abréviations

| | |
|------|---|
| G50 | Taux de germination dans la solution de 50mM de NaCl |
| G100 | Taux de germination dans la solution de 100mM de NaCl |
| G150 | Taux de germination dans la solution de 150mM de NaCl |
| G200 | Taux de germination dans la solution de 200mM de NaCl |
| AED | Taux d'apparition des familles dans l'eau distillé |
| AER | Taux d'apparition des familles dans l'eau robinet |
| ANF | Taux d'apparition des familles dans l'eau nouveau forage |
| AAF | Taux d'apparition des familles dans l'eau d'ancien forage |
| ADR | Taux d'apparition des familles dans l'eau du drain |
| A50 | Taux d'apparition des familles dans la solution de 50 mM de NaCl |
| A100 | Taux d'apparition des familles dans la solution de 100 mM de NaCl |
| A150 | Taux d'apparition des familles dans la solution de 150 mM de NaCl |
| A200 | Taux d'apparition des familles dans la solution de 200 mM de NaCl |
| NED | La longueur minimale de la tigelle dans l'eau distillée |
| NER | La longueur minimale de la tigelle dans l'eau robinet |
| NNF | La longueur minimale de la tigelle dans l'eau nouveau forage |
| NAF | La longueur minimale de la tigelle dans l'eau d'ancien forage |
| NDR | La longueur minimale de la tigelle dans l'eau du drain |
| N50 | La longueur minimale de la tigelle dans la solution de 50 mM de NaCl |
| N100 | La longueur minimale de la tigelle dans la solution de 100 mM de NaCl |
| N150 | La longueur minimale de la tigelle dans la solution de 150 mM de NaCl |
| N200 | La longueur minimale de la tigelle dans la solution de 200 mM de NaCl |
| XED | La longueur maximale de la tigelle dans l'eau distillée |
| XER | La longueur maximale de la tigelle dans l'eau robinet |
| XNF | La longueur maximale de la tigelle dans l'eau nouveau forage |
| XAF | La longueur maximale de la tigelle dans l'eau d'ancien forage |
| XDR | La longueur maximale de la tigelle dans l'eau du drain |
| X50 | La longueur maximale de la tigelle dans la solution de 50 mM de NaCl |
| X100 | La longueur maximale de la tigelle dans la solution de 100 mM de NaCl |
| X150 | La longueur maximale de la tigelle dans la solution de 150 mM de NaCl |
| X200 | La longueur maximale de la tigelle dans la solution de 200 mM de NaCl |

Liste des Tableaux

| N° | Titre | Page |
|-----------|--|-------------|
| 01 | Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation | 6 |
| 02 | Degré relatif de dureté de l'eau selon la quantité de carbonate de calcium | 7 |
| 03 | Quelques caractéristiques du lieu d'origine des populations | 19 |
| 04 | Caractéristiques particulières des populations | 20 |
| 05 | Caractéristiques de l'eau d'irrigation | 25 |
| 06 | Résultats d'analyses du faciès chimiques des eaux d'irrigation | 27 |
| 07 | Caractéristiques de solutions préparées | 28 |

Liste des Figures

| N° | Titre | Page |
|----|--|------|
| 01 | Conductivité électrique des eaux d'irrigation. | 25 |
| 02 | Le pH des eaux d'irrigation | 26 |
| 03 | Résidus secs des eaux d'irrigation | 26 |
| 04 | Conductivité électrique des solutions préparées | 28 |
| 05 | Le pH des solutions préparées | 29 |
| 06 | Variation du taux de germination des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl | 30 |
| 07 | Variation du taux de germination des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux | 31 |
| 08 | Variation du taux d'apparition des feuilles des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl | 34 |
| 09 | Variation du taux d'apparition des feuilles des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux | 35 |
| 10 | Variation de la longueur maximale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl | 37 |
| 11 | Variation de la longueur maximale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux | 38 |
| 12 | Variation de la longueur minimale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl | 40 |
| 13 | Variation de la longueur minimale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux | 41 |
| 14 | Représentation des Variables sur le cercle de corrélation 1-4 | 44 |
| 15 | Représentation des Individus sur le plan 1-4 | 46 |
| 16 | Représentation des Variables sur le cercle de corrélation 1-2 | 49 |
| 17 | Représentation des Individus sur le plan 1-2 | 51 |
| 18 | La classification ascendante hiérarchique CAH | 54 |

Liste des photos

| N° | Titre | Page |
|-----------|--|-------------|
| 01 | Réalisation de l'essai | 67 |
| 02 | Germination des graines | 67 |
| 03 | Apparition des feuilles | 68 |
| 04 | Méthode de la mesure la longueur de la tigelle | 69 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction | 1 |
| 1. Qualité des eaux d'irrigation aux Sahara | |
| 1.1- Problème liés à la qualité de l'eau | 5 |
| 1.2- Critère d'évaluation des eaux d'irrigation | 5 |
| 1.3- Classification des eaux d'irrigation | 8 |
| 2. Relation eau - sol – plante | |
| 2.1- Rôle de l'eau et les sels minéraux dans la plante | 11 |
| 2.2- Les plantes vis-à-vis de la salinité | 11 |
| 2.3- Effet de la salinité sur les végétaux | 13 |
| 2.4- Mécanisme d'adaptation et de tolérance des plantes au sel : | 16 |
| 3. Matériels et Méthodes | |
| 3-1 Matériels utilisés | 19 |
| 3-2- Techniques et méthodes de travail | 21 |
| 3-3-Réalisation de l'essai | 22 |
| 3-4- Analyse statistique des résultats | 23 |
| 4. Résultats et discussion | |
| 4-1- Caractérisation des eaux d'irrigation retenues dans le test | 25 |
| 4-2- Caractérisation des solutions préparées | 28 |
| 4-3- Analyse des résultats | 29 |
| 4-4- Discussion générale | 55 |
| Conclusion | 59 |
| Références bibliographiques | 62 |
| Annexe | |

Introduction

Introduction

La famille des Légumineuses ou Fabacées est une des plus importantes du monde végétal, puisqu'elle comprend trois Sous-familles, 428 genres et 10.000 espèces environ, répandues sur toute la surface de la terre (**FOURY, 1954**).

Le mot « fourrage » désigne l'ensemble de produits végétaux destinés à l'alimentation de certains animaux domestiques, les herbivores, élevés principalement pour leur lait ou leur viande. Il s'agit en fait de l'herbe des prairies et des plantes annuelles très variées (**CHAABENA, 2001**).

La luzerne (*Medicago sativa* L, Fabaceae) est l'une des légumineuses fourragères les plus répandues dans tous les continents et les plus nutritives.

Les feuilles de cette plante sont en général de type trifoliolé mais il existe des variétés dites multi foliolé à 4, 5, 6 ou 7 folioles portées par un pétiole. Des grappes longuement pédonculées de fleurs poussent aux aisselles des feuilles. Elles apparaissent entre le 6^e et le 14^e entre-noeud en fonction des conditions du milieu et de leur déterminisme génétique. Elles sont bleu violet ou blanchâtres. Les fleurs, symétriques, ont un calice velu sur les nervures. Les filets de 9 étamines sont soudés en un tube qui entoure le pistil. Les fruits sont des gousses. Elles sont enroulées en une, deux ou trois spirales (**MATHIEU ,2003**).

Elle est riche en protéines, en minéraux et en vitamines. La luzerne peut supporter des sécheresses importantes. Elle est capable de s'adapter à des conditions climatiques très déférentes. La présence, sur ses racines des nodosités remplies de bactéries symbiotiques capable de fixer l'azote atmosphérique sous forme de molécules organique la rend très peu dépendante de la fourniture d'engrais azotés (**MATHIEU ,2003**).

Pour la même raison, après la culture de la luzerne, le sol se trouve enrichie en matière azotés dont pourra bénéficier une autre espèce cultivée ultérieurement (**MATHIEU ,2003**).

Parmi les facteurs de l'environnement, la sécheresse et la salinité constituent des contraintes majeures limitant considérablement la productivité végétale. La plupart des plants, en particulier les plantes de grande culture, sont sensibles à la présence de sels (chlorure de sodium –Na Cl- principalement) dans le sol (**BERTHOMIEU et al., 2003**).

Environ 15% des terres cultivées présentent un excès de sel (**BERTHOMIEU et al., 2003**) et d'importantes quantités d'eaux de qualités très médiocres (**MHIRI, 1997 in MEZNI**

et *al.*, 1999). Cette situation est aggravée par une évaporation estivale intense qui favorise la remontée des sels en surface (LAPEYRONIE, 1982) et provoque la mortalité des plantes, à cause d'une diminution du potentiel osmotique dans le sol (GUERRIER, 1983 in MEZNI et *al.*, 1999).

A l'échelle de la planète, ce ne sont pas moins de 10 millions d'hectares agricoles qui sont abandonnés de ce fait chaque année (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).

L'accumulation de sels dans les sols entraîne des modifications dans la physiologie des plantes, responsables d'une diminution de la productivité agricole il apparaît nécessaire que des modifications dans les pratiques agricoles doivent être engagées plus tôt (HERNANDEZ, 1997).

Pour améliorer les rendements agronomiques. Le meilleur moyen de contrôle de la salinité du sol est le lessivage pour maintenir un bilan des sols irrigués mais malheureusement ce lessivage des eaux vers les drains à partir de la zone racinaire du sol envoie fréquemment les sels dans la nappe superficielle, ce qui peut dégrader la qualité de l'eau et du site (DAOUD et HALITIM, 1994) soit par dessalement des eaux salées. Cette opération est très coûteuse et nécessite des investissements importants (MEZNI et *al.*, 1999).

Soit améliorer la résistance des espèces cultivées par une meilleure connaissance de la physiologie et de la génétique de la tolérance des plantes à la salinité, est une condition primordiale par la réalisation des programmes de sélection d'espèces et de variétés tolérantes au stress salin (SHAY, 1900 in MEZNI et *al.*, 1999).

Donc cette situation exige des agriculteurs qu'ils cultivent des espèces végétales (et des variétés ou écotypes) qui aient «un penchant pour le sel», poussent dans un milieu salin et dont le rendement soit rentable.

C'est pour l'ensemble de ces considérations que ce travail a été consacré à l'étude de l'effet du stress salin sur la productivité (aux premiers stades de la vie de la plante qui sont les plus déterminants) de populations sahariennes locales de la luzerne (*Medicago sativa* L.). Dans le but de déterminer les limites de tolérance de seize populations sahariennes locales de cette espèce et d'étudier l'influence de la salinité sur le pourcentage de germination, le taux d'apparition des feuilles et la longueur minimale et maximale de tige.

Introduction

Cette étude comporte deux parties. La première partie est réservée à une synthèse bibliographique sur la salinité des eaux qui est scindée en deux : qualité des eaux d'irrigations au Sahara et relations eau-sol-plante. Il s'agit de dresser les problèmes liés à ce phénomène, et savoir la relation qui existe entre le sol, l'eau et la plante. Ensuite les matériels et méthodes d'étude suivis par les résultats et discussion.

1. Qualité des eaux d'irrigation au Sahara

1. Qualité des eaux d'irrigation aux Sahara

L'agriculture en irrigué est tributaire d'un bon approvisionnement en eau de qualité. D'après **SERVANT (1978) in DADDI BOUHON, (1996)**, les sels solubles contenus dans des eaux souterrains ou superficielles. Sont susceptibles de transformer profondément les propriétés physique et chimiques du sol, avec pour conséquence pratique principal la création d'un milieu stérile vis-à-vis de la production agricole.

Le degré de salure de la nappe phréatique au Sahara est variable. Par exemple il est de 6 à 7g/l dans l'Oued Righ et 2.5g/l dans la Saoura (**SIMONNEAU et al., 1963 in DADDI BOUHON, 1997**).

1-1- Problème liés à la qualité de l'eau :

La qualité de l'eau d'irrigation varie selon la nature et la quantité des sel dissout. L'augmentation de la teneur en sel est à l'origine de plusieurs problèmes pour le sol et les plantes ces problèmes sont de nature d'intensité variables, ils dépendent du sol, du climat et de la plante mais aussi du savoir et de la compétence de l'utilisateur (**AYERS et al, 1988 in DADDI BOUHON, 1997**).

D'après **ARAGUES (1983) in DADDI BOUHON, (1997)**, les problèmes les plus rencontrés sont associés à la salinité, sodicité, toxicité spécifique de certains ions et d'autre problèmes liés à l'excès d'Azote, Magnésium, Bicarbonate et au pH anormal de l'eau également, l'interaction entre la fertilité du salinité est un autre problème à ne pas négliger pour augmenter la production agricole.

1-2- Critère d'évaluation des eaux d'irrigation :

Selon **COUTURE (2004)**, il y a cinq principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation :

- ▶ **La salinité**
- ▶ **Le sodium**
- ▶ **La dureté**
- ▶ **Les éléments toxiques**
- ▶ **Le pH**

1. Qualité des eaux d'irrigation aux Sahara

1-2-1-La salinité, (contenu total en sels solubles)

D'après **DUBOST (2002)**, Les sels qui sont en solution dans les eaux sahariennes sont pour l'essentiel du chlorure de sodium et de potassium (NaCl et KCl), du sulfate de magnésium (MgSO₄) et de calcium (CaSO₄) et du carbonat de calcium (CaCO₃) mais ce dernier est très peu soluble.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimé en mg /l ou plus couramment par la conductivité électrique (**COUTURE, 2004**).

Plusieurs chercheurs se sont penchés pour classer les eaux d'irrigation en fonction de la CE et la concentration saline en (g/l) comme **DAOUD et HALITIM (1994)**, dont les résultats sont présentés au niveau du tableau 01.

Tableau 01 : Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation

(**DAOUD et HALITIM, 1994**)

| CE (dS/m) | Concentration (g/l) | Evaluation Américaine | Evaluation Russe | Evaluation de DURAND pour l'irrigation |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| $CE \leq 0.25$ | ≤ 0.2 | Faiblement salée | - | - |
| $0.25 \leq CE \leq 0.75$ | 0.2-0.5 | Moyennement salée | Bonne qualité | Non saline |
| $0.75 \leq CE \leq 2.25$ | 0.5-1.5 | Fortement salée | Risque de salinisation | Salinité moyenne |
| $2.25 \leq CE \leq 05$ | 1.5-03 | Très fortement salée | Ne Peut-être utilisée sans Lessivage | Forte salinité |
| $05 \leq CE \leq 20$ | 03 -07 | Salinité excessive | - | Salinité excessive |

1-2-2- Le sodium

COUTURE (2004), signale que le sodium est l'un des éléments (cation) les plus indésirables dans l'eau d'irrigation.

La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le sodium Absorption Ratio (SAR), le SAR décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium.

1. Qualité des eaux d'irrigation aux Sahara

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ sont exprimés en méq/l.

1-2-3- Dureté

La dureté faite référence à la quantité de calcium et de magnésium dans l'eau et elle est exprimée généralement sous forme d'équivalents de carbonate de calcium ($CaCO_3$) en ppm ou en mg/l (COUTURE, 2004).

Tableau 02 : Degré relatif de dureté de l'eau selon la quantité de carbonate de calcium

| Dureté (ppm $CaCO_3$) | Degré relatif de dureté |
|------------------------|-------------------------|
| 0-5 | Très douce |
| 50- 100 | Douce |
| 100-200 | Modérément douce |
| 200- 300 | Dure |
| 3 00 et plus | Très dure |

Source : CRAAQ, (2003).

1-2-4- Eléments toxiques

Selon COUTURE (2004), certains éléments de l'eau d'irrigation peuvent, être directement toxiques à la culture. Les éléments potentiellement dangereux de l'eau peuvent être inactivés par des réactions chimiques ou bien s'accumuler dans le sol jusqu'à atteindre des niveaux de toxicité pour les plantes.

* Les chlorures et les sulfates

Les chlorures peuvent causer des dommages lorsqu'ils sont en trop grande quantité dans l'eau d'irrigation (supérieur à 140 ppm).

Les sulfates sont toxiques pour les plantes, si en les trouve dans l'eau supérieure à 240 ppm (COUTURE ,2004).

1-2-5- pH de l'eau d'irrigation

Le pH influe sur la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation.

1-3- Classification des eaux d'irrigation

D'après **DURAND (1983)**, la classification des eaux d'irrigation repose sur deux caractères principaux; La salinité de l'eau et l'alcalinité du sol.

1-3-1- La salinité de l'eau

On distingue cinq classes d'eau (**DURAND, 1958**) :

- **C1** : CE à 25 °C < 0,25 dS/m : Eaux non salines, utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des terrains, avec peu de chance d'apparition de la salinité dans le sol.
- **C2** : CE à 25°C comprise entre 0,25 et 0,75 dS/m ; Eaux à salinité moyenne, utilisables avec un léger lessivage.
- **C3** : CE à 25°C comprise entre 0,75 et 2,25 dS/m : Eau à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seule les plantes tolérantes qui peuvent être cultivées.
- **C4** : CE à 25 °C comprise entre 2.25 et 5 dS/m : Eau à forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisé sur des sols très perméables avec un peut drainage et avec une dose d'irrigation excessive pour assurer un fort lessivage du sol.
- **C5** : CE à 25°C comprise entre 5 et 20 dS/m : Eaux à salinité excessive, inutilisables, sauf sur sable drainé et pour des cultures très tolérantes comme le palmier dattier.

1-3-2- L'alcalinité du sol

Quatre classes ont été distinguées par *l'U.S.S.L (1954)* :

- **SI** : SAR de 0 à 10 : Eaux faiblement sodiques, utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaine culture sensible au sodium puissent être gênées ex : avocatier.
- **S2** : SAR de 10 à 18 : Eaux moyennement sodique, le danger d'alcalinisation du sol est appréciable dans les sols à texture fine et a forte capacité

1. *Qualité des eaux d'irrigation aux Sahara*

d'échange. Ces eaux sont utilisables sur les sols à texture grossier ou en présence de gypse

- **S3** : SAR de 18 à 26 : Eaux fortement sodique, pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sois, leur emploi exigera la mise en œuvre d'un aménagement spéciale, bon drainage, fort lessivage, addition de matière organiques.
- **S4** : SAR de 26 à plus de 30 : Eaux très fortement sodiques, le danger d'alcalinisation est très fort, de telles eaux sont impropres à l'irrigation sauf si leur salinité est faible et permet l'addition de calcium soluble ou si le sol en contient suffisamment.

2. Relation Eau - Sol - Plante

2. Relation Eau - Sol – Plante

2-1- Rôle de l'eau et les sels minéraux dans la plante :

L'eau est un élément vital pour la croissance et le développement des plantes. Cependant, les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister à des variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus (**MOURAD, 1995 in HIRECHE ,2006**).

D'après **PREVOST (1999)**, l'eau représente en moyenne 70% de la masse des constituants de la plante : Elle intervient dans tout le métabolisme du végétal puisqu'elle est le solvant universel : elle permet l'absorption des éléments nutritifs ; le transport de ces éléments vers les feuilles, elle favorise la photosynthèse et assure le transport de la sève élaborée.

Elle est donc un élément climatique essentiel dans la croissance et le développement des plantes.

KANFAOUI (1997), note que l'eau d'irrigation contient un mélange de sels dont la présence est naturelle. Ces sels sont représentés en grande partie par des cations (Na^+ , Mg^{++} et le K^+), et des anions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- et NO_3^-).

Selon **DUBOST (2002)**, le chlore et le sodium sont les moins utiles aux plantes. Les anions chlore sont nécessaires à la photosynthèse à des doses très faible (0,03 méq/l) soit 300 moins que ce qu'on trouve dans une (bonne) eau albienne .Les ions sodium sont la plus part du temps tout à fait inutiles, mais beaucoup d'espèces les tolèrent .les autres cations Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et les sulfates SO_4^{2-} sont bien entendu des éléments nutritifs et utiles.

2-2-Les plantes vis-à-vis de la salinité :

A certain nombre d'espèce appartenant particulièrement à certains familles telles que les Chénopodiacées et les Plumbaginacées sont localisées aux sols salés : ce sont les halophytes .D'autres en sont absentes ou sont seulement tolérantes à une salinité modérées O.Stocker leur a donné le nom de glycophytes (**LEMEE, 1978**)

2-2-1- Les halophytes

La plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes plantes dites sensibles au sel. A l'inverse, un certain nombre de plantes dites halophytes sont naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien voire mieux dans un environnement salin qu'en condition normale (**LEVIGNERON et al., 1995**)

2-2-1-1- Définition des halophytes

Les halophytes sont caractérisées tout simplement par leur croissance dans des conditions naturellement salines.

LE HOUEROU (1992), a identifié les halophytes comme des plantes qui, en conditions naturelles, sont exclusivement trouvées sur des sols salés. Cette définition ne signifie pas que les plantes halophiles ont nécessairement besoin de salinité pour leur croissance et leur développement, au contraire, de nombreuses halophytes augmentent avec succès et produisent des biomasses en absence de salinité tel que *Tamarix spp* et *Atriplex spp*.

2-2-1-2-Classification des halophytes

Les halophytes sont classées en :

- Eu halophytes (hautement tolérantes au sel).
- Mio-halophytes (tolérantes au sel).

HAMDY et al., (1999 in BENNABI (2005), montrent que certaines halophytes ont besoin non seulement des concentrations en sel pour pousser, mais elles se développent aussi bien dans un environnement salin, ces halophytes sont dites : « les halophytes facultatives » ex *Aster spp*, *Maïrena spp*, *Limonium spp*, *Tamarix spp*, *Atriplex spp*. D'autres ont besoin de conditions salines pour une croissance normale, ces dernières sont appelées : « les vraies halophytes ou halophytes obligatoires » ex '*Salicornia spp*, *Salsola spp* ., *Arthrocnemum spp.*, *Suada spp.*,

D'autres espèces non halophytes trouvées dans la nature sous des conditions à la fois salines et non salines peuvent être absolument tolérantes au sel; ce sont « les halophytes alternées » ex *Bêta vulgaris*, *Medicago sativa*, *Phœnix spp.*, *Gossypium spp.*, *Nordeum, spp*.

2-2-1-3- La résistance au sel

Les tissus des halophytes sont riches en sels, une grande partie de ces sels étant dissoutes dans le suc vacuolaire. Il en résulte une pression osmotique élevée. Dans des conditions de vie normales, le suc vacuolaire reste légèrement hypertonique par rapport au milieu extérieur. L'absorption d'eau reste donc encore possible et la perte d'eau par transpiration est d'autant plus faible que le végétal présente des organes plus charnus.

La principale caractéristique des halophytes est de posséder une matière vivante capable de fonctionner activement en présence de fortes concentrations salines. C'est là l'aspect essentiel de leur résistance au sel. La signification profonde reste mal connue, mais

cette résistance se pose actuellement à l'échelle moléculaire, au niveau des acides nucléiques (en effet la présence d'ions sodium touche peu les acides nucléiques des halophytes, contrairement à ceux autres végétaux) (**Site électronique**).

2-2-2- Les glycophytes

D'après **LEEME (1978)**, les glycophytes montrent une tolérance plus ou moins grande vis-à-vis de la salinité. En raison de l'importance de ce caractère pour les plantes cultivées de nombreuses études ont été faites sur ces dernières, sur lesquelles on trouvera des références dans les revues de **HAYWARD et BERNSTEIN (1958) in LEEME (1978)** et **DE BERNSTEIN (1962) in LEEME (1978)**. On a pu classer des plantes cultivées en catégories selon leur réaction globale au sol.

- 1° Les espèces intolérantes, affectées pour une concentration de 2g de sel par litre, comme le pois, le melon, les agrumes, le pin maritime.
- 2° Les espèces moyennement résistantes, qui tolèrent jusqu'à 10g de sel par litre à l'état âgé, comme la luzerne, la tomate, les petites céréales (avoine, blé, orge)
- 3° Les espèces très résistantes, qui supportent des concentrations supérieures à 10g/l, telles que l'épinard, la betterave, le riz, le cotonnier, le dattier.

2-3- Effet de la salinité sur les végétaux

La salinité est l'un des facteurs limitants pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales suivi par une perte de turgescence par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (**ZID, 1982**).

LEEME (1978) note que les effets de la salinité varient suivant le stade du développement, généralement la tolérance à celle-ci augmente depuis la germination jusqu'à la fructification.

Dans le même contexte. **MAAS et POSS (1989) in ASKRI et al., (2007)** ; **MAAS et GRATTAN (1999) in ASKRI et al., (2007)**, signalant que le plus part des plantes sont plus tolérantes au sel à la germination qu'à l'émergence et qu'aux premiers stades de croissance. La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire : c'est le cas de l'orge (**EL-MEKKAOU1, 1990 in BENNABI, 2005**) du sorgho (**WEIMBERG et al., 1984 in BENNABI 2005**) et du blé (**OULD BANANA, 1999 in BENNABI, 2005**).

La diminution de la croissance des organes aériens par le sel se manifeste par une réduction de la surface foliaire contrôlée par le nombre et la taille des cellules (OULD BANANA, 1999 in BENNABI, 2005).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (GILL, 1979; EL-MEKKAOUI, 1990; BOUKACHABIA, 1993 in BENNABI, 2005).

D'une manière générale, la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits, diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité : c'est le cas de riz (KHAN et al., 1997 in BENNABI 2005) de la pomme de terre (BOUAZIZ, 1980 in BENNABI 2005) et de noisetier (MIYAMOTO et al., 1986 in BENNABI,2005).

D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'âge physiologique ou du stade de développement de la plante (MAAS et HOFFMAN, 1977 in BENNABI, 2005). L'orge, l'avoine et le blé par exemple sont particulièrement résistants à la salinité après la germination (EL-MEKKAOUI, 1990 in BENNABI, 2005).

2-3-1- Effet de la salinité sur la germination

La germination correspond à l'entrée de la semence en vie active (absorption des premiers éléments minéraux) et au début de croissance de l'embryon (premières modifications ultra structurales). (CHAIBI COSSENTINI, 1980 in BENNABI, 2005).

Des substances très diverses sont capables d'inhiber totalement ou retarder la germination comme la salinité. Selon ZID (1977), la salinité des sols constitue un facteur limitant en agriculture, car elle inhibe la germination et le développement de la plante, c'est le cas de la luzerne qui voit sa germination inhibée par des fortes concentrations de sel, alors que ces mêmes concentrations entraînent un simple retard de germination chez l'*Atriplex*.

La survie des plantes dans un milieu donné, dépend en grande partie de leur réaction au stade germination. Le chlorure de sodium présent dans le sol retarde la germination des graines des glycophytes et d'halophytes (ROSEMA, 1996).

La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes est affectée par la salinité. Selon les espèces, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique. Ainsi les graines de l'halophyte *Atriplex patula* ne germent pas en présence de NaCl à 20 g^l⁻¹ mais le font après transfert dans l'eau distillée (UNGAR, 1996). Dans ce cas, le sel agirait par un effet osmotique avec une inhibition de la germination réversible semblable à celle de solutions iso osmotiques de mannitol ou polyéthylène glycol (PEG) (UNGAR, 1978); toute fois, des

effets toxiques de NaCl sur la germination des graines d'*Atriplex* ont été également signalés (KATEMBE *et al.*, 1998 in BENNABI, 2005).

Généralement, les graines d'halophytes demeurent viables après avoir été soumises à de fortes concentrations en sel et peuvent germer lorsque le stress salin est levé, ce qui constitue une stratégie de survie en milieu salé (KEIFFER *et al.*, 1995). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel la variation de l'équilibre hormonal a été évoqué (KABAR, 1986 in BENNABI, 2005), d'où l'idée d'appliquer du GA₃ et/ou de la kinétine pour améliorer la germination (OSMOND et UNGAR, 1980 in BENNABI, 2005).

2-3-2-Effet de la salinité sur la croissance et le développement

D'après BEKKOUCHE (1992 in BENNABI 2005), plusieurs auteurs montrent que le stress salin entraîne des modifications morphologiques, mais c'est le poids de la matière végétale sèche et la longueur des tiges qui rendent compte du milieu de la tolérance ou de sensibilité des plantes au sel.

Un retard de croissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50mM.l⁻¹ de NaCl (3g.l⁻¹) dans la solution du sol. Par contre les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées. L'exemple de *Atriplex halimus l.* à partir de 480mM.l⁻¹ de NaCl (30g. l⁻¹) voit sa production diminuer (BRUN, 1980).

Parmi les manifestations morphologiques des plantes au stress salin, il y a:

➤ Une faible ramification, une diminution de la longueur du diamètre, du poids frais et du poids sec des tiges et des racines constatés sur la tomate (RENTSCH *et al.*, 1996).

➤ Un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de nœuds (WAIZEL, 1972 in BENNABI, 2005).

➤ Une réduction du nombre de feuilles (HAMZA, 1977 in BENNABI, 2005) et la surface foliaire chez le haricot avec une diminution de 20% à 40% (IARHER *et al.* 1987 in BENNABI, 2005).

Chez le tournesol soumis à une concentration de 0.05M de NaCl. (BRUN, 1980), constaté que la croissance est ralentie pour les feuilles, alors que les racines ont une augmentation de croissance.

Chez le genre *Medicago*, BRUN (1980), a mis en évidence l'effet inhibiteur de chlorure de sodium sur la croissance, celui-ci se traduit par rabougrissement de la plante allant jusqu'à le nanisme complet.

La diversité des végétaux selon leur comportement vis-à-vis du sel est différente tant sur le plan physiologique (croissance) et écologique (survie), que sur le plan agronomique (rendement). (IRAKI *et al.* 1989 in BENNABI, 2005).

2-4- Mécanisme d'adaptation et de tolérance des plantes au sel

Pour surmonter le stress salin, les plantes développent des mécanismes complexes qui contribuent à l'adaptation aux contraintes de l'environnement qui sont :

2-4-1-L'exclusion

BERTHOMIEU *et al.*, (2003), montrent que la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence de ramification de la racine. D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus.

2-4-2-l'inclusion

BERTHOMIEU *et al.*, (2003), signalent que la plante capte le sel, qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule. Le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux.

2-4-3-Accumulation de la proline

En milieux salés les plantes réagissent aux variations du potentiel osmotique de leur environnement externe en ajustant osmotiquement leur contenu cellulaires (WEINBERG *et al.*, 1982 in BELKHADOJA., 2002) par l'accumulation des composés organiques azotés comme la proline (HANDA *et al.*, 1986 in BELKHADOJA., 2002 ; IRRIGOYEN, 1992 in BELKHADOJA., 2002). De nombreux travaux ont montré depuis longtemps que le métabolisme de la proline ce produit activement chez les halophytes (BERIENS *et LARHER*, 1982 in BELKHADOJA., 2002) et les glycophytes (LARHER *et al.*, 1987 in BELKHADOJA, 2002). Cet acide aminé s'accumule chez les plantes exposées aux stress hydrique (PAHLICH, 1990 in BELKHADOJA, 2002) , au froid (VEZINA *et PAQUIN*, 1982 in BELKHADOJA, 2002) ou salin (BELKHADOJA *et AIT SAADI*, 1993 in BELKHADOJA, 2002)

En effet, le rôle de l'accumulation reste encore mal connu. S'agit-il d'un simple symptôme de souffrance ? (**SINGH et al., 1973 in HIRECHE, 2006**). Ou d'un véritable mécanisme de tolérance ? (**HUBAC et GUEIRIER, 1972 in BAMMOUN, 1997, in HIRECHE, 2006**).

3. Matériels et Méthodes

3. Matériels et Méthodes

3-1 Matériels utilisés

3-1-1 Matériel végétal

Le matériel végétal retenu dans notre essai est composé de seize populations sahariennes de luzerne (*Medicago Sativa* L.) provenant de différentes régions. Collectées entre 2004 et 2005 auprès d'agriculteurs semenciers, au niveau des localités dont le nom, est porté par les populations, à savoir In Salah, Temacine, Touggourt, Hassi Ben Abdallah, El Meniaa, Ghardaïa, Timimoun, Meggarine, Guerara, Illizi, Djamaa, Ain Choucha, Tebesbest, Touggourt, Oum Thior, et Sidi Mahdi (INRA).

Dans le tableau 03 : nous présentons quelques caractéristiques du lieu d'origine des populations et, dans le tableau 04 quelques caractères particuliers des ces populations mesurés au laboratoire.

Tableau 03 : Quelques caractéristiques du lieu d'origine des populations

| Population | Origine | Climat |
|---------------------|-----------------|----------------------|
| In Salah, | Sahara algérien | Sahara central |
| Temacine S (site 1) | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Ghardaïa | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| El Meniaa | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Timimoun | Sahara algérien | Sahara central |
| Illizi | Sahara algérien | Sahara central |
| Djamaa | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Ain Choucha | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Tebesbest | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Meggarine | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Guerara | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Hassi Ben Abdallah | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Touggourt, | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Oum Thior | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Sidi Mahdi | Sahara algérien | Sahara Septentrional |
| Temacine D (site 2) | Sahara algérien | Sahara Septentrional |

* Temacine S: la date de récolte est inconnu

* Temacine D: la date de récolte est connue

Tableau 04 : Caractéristiques particulières des populations

| Population | Poids de mille graines (g) | Année de récolte | Faculté ger (%) | Propreté de la semence | Autre observations |
|---------------------|----------------------------|------------------|-----------------|------------------------|--|
| In Salah | 2.08 | 2005 | 92.67 | - | Graines de tailles moyennes de couleurs jaunes |
| Temacine S (site 1) | 2.65 | inconnu | 84.67 | - | Graines de grandes tailles de couleurs marron. |
| Ghardaïa | 2.43 | inconnu | 46.67 | + | Graines de tailles moyennes de couleurs marron. |
| El Meniaa | 2.40 | 2005 | 92.67 | - | Graines de tailles moyennes de couleurs marron. |
| Timimoun | 1.95 | inconnu | 92.67 | ++ | Graines de petites tailles de couleurs marron clair |
| Illizi | 2.00 | inconnu | 00.00 | + | Graines de petites tailles de couleurs marron |
| Djamaa | 2.2 | 2005 | 93.33 | - | Graines de tailles moyennes de couleurs jaune et marron. |
| Ain Choucha | 2.58 | 2005 | 97.33 | - | Graines de grandes tailles de couleurs jaune clair |
| Tebesbest | 2.41 | 2004 | 97.33 | ++ | Graines de tailles moyennes de couleurs jaunes |
| Meggarine | 2.42 | 2005 | 86.67 | - | Graines de tailles moyennes de couleurs marron |
| Guerara | 2.64 | inconnu | 89.33 | - | Graines de grandes tailles de couleurs jaune et marron |
| Hassi Ben Abdallah | 2.61 | 2005 | 88.67 | - | Graines de tailles moyennes de couleurs jaune et marron |
| Touggourt, | 2.60 | inconnu | 96.00 | - | Graines de grandes tailles de couleurs jaunes |
| Oum Thior | 2.77 | inconnu | 91.33 | - | Graines de grandes tailles de couleurs jaunes |
| Sidi Mahdi | 2.49 | 2005 | 93.33 | ++ | Graines de tailles moyennes de couleurs jaunes |
| Temacine D (site 2) | 2.55 | 2005 | 95.33 | ++ | Graines de grandes tailles moyennes de couleurs jaunes |

- Semence impropre

+ Semence propre

++ Semence moyennement propre

3-1-2 : Solutions utilisées pour les tests

*- Solutions naturelles

On utilise pour l'irrigation 4 types d'eau utilisées par les agriculteurs dans notre région, à savoir l'eau du robinet, de drain, et de deux forages (nouveau et ancien au niveau de l'exploitations de l'ITAS), et l'eau distillée comme témoin.

* Solutions préparées

Par avoir l'effet du Na Cl, on a préparé 4 solutions à partir de l'eau distillée avec différentes concentrations de Na Cl, (50 mM, 100 mM, 150 mM et 200 mM).

3-1-3- Autres Matériels

On utilise autres matériels au niveau du laboratoire :

- Boite de pétri.
- Papier filtre.
- Etuve.
- Pissette pour l'imbibition.

3-2- Techniques et méthodes de travail

3-2-1- Méthode d'analyse des eaux

Les méthodes d'analyse utilisées pour caractérisés les eaux sont :

* Pour les solution naturelles : on mesure :

- **Conductivité électrique (C.E)** à 25 C° mesurée au conductivimètre
- **pH** : mesuré au pH mètre.
- **Résidu sec (R.S)** Par dessiccation à 110°C.
- **Dosage de chlore (Cl)**

Le chlore a été dosé par la méthode argentométrique de MOHR qui consiste a précipité les ions Cl⁻ sous forme de chlorure d'argent (AgCl) en présence de nitrate d'argent (AgNO₃).

- **Dosage des sulfates (SO₄⁻)**

Les sulfates ont été dosés par la méthode gravimétrique au BaCl₂ qui consiste à précipiter les ions (SO₄⁻) sous forme de sulfate de baryum, en présence de chlorure de baryum (BaCl₂)

à 10.

- **Dosage de carbonates (CO₃⁻) et des bicarbonates (HCO₃⁻)**

Les carbonates et bicarbonates ont été dosés par titrimétrie à l'aide de H₂SO₄ qui consiste à titrer les carbonates en présence de phénophtaléine par l'acide sulfurique, et de la même façon pour les bicarbonates en présence de méthylorange.

- **Dosage du sodium (Na⁺) et du potassium (K⁺)**

Ces cations ont été dosés par spectrophotomètre atomique.

- **Dosage du calcium (Ca⁺⁺) et du Magnésium (Mg⁺⁺)**

Ces cations ont été dosés par spectrophotomètre à flamme.

* Pour les solutions préparées : on a mesuré que le pH et le (C.E)

3-2-2- Méthode de préparation des solutions

Les solutions sont préparées à partir de l'eau distillée et le NaCl

- 1) Solution (1) : 1 Litre de l'eau distillée + 2.92g (50 mM de NaCl)
- 2) Solution (2) : 1 Litre de l'eau distillée + 5.84g (100 mM de NaCl)
- 3) Solution (3) : 1 Litre de l'eau distillée + 8.76g (150 mM de NaCl)
- 4) Solution (4) : 1 Litre de l'eau distillée + 11.68g (200 mM de NaCl)

3-3-Réalisation de l'essai

Les semences de chaque population, ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri de 9.5 cm de diamètre, contenant chacune 50 graines. Différents types d'eau d'irrigation et différentes concentrations salines (50mM, 100mM, 150mM et 200mM) ont été appliquées. Chaque essai de germination est conduit en 3 répétitions de 50 graines chacune. Les boîtes sont enfin, placées à l'obscurité dans une étuve et à une température considérée par (NEFFATTI, 1994 in REJILI et al., 2006) comme optimale (25 C°±1). Une graine est considérée germée lorsque la radicule atteint ou dépasse 1mm. La périodicité des observations des semences est d'un jour sur une durée de 7 jours (voir annexe I).

3-3-1- Les paramètres mesurés

Les paramètres que nous avons mesurés au cours de cette essai ont été retenus leur sensibilité au stress saline a été effectuées au stade germinative.

3-3-1-1-Faculté germinative

Le pourcentage de graines en conditions normalisées dans un temps donné.

$$TG = \frac{\text{Nombre de graines germées}}{\text{Nombre totale mise à germées}} \times 100$$

3-3-1-2- Apparition des feuilles

C'est le stade qui suit l'apparition de la radicule et caractérisé par l'émergence de la gemmule.

3-3-1-3- La longueur de tige : (Minimal et maximal)

La longueur est mesurée sur toutes les plantules qui ont eu l'apparition des feuilles cotylédonaire de chaque boîte toute la semaine à partir d'élongation de tige à l'aide de papier millimétré et pied à coulisse.

3-4- Analyses statistiques des résultats

Les résultats obtenus pour 4 paramètres et les 16 populations locales de *Medicago Sativa* ont été soumis à une analyse en composante principale ACP.

En vue de mettre en évidence les liens entre deux ou plusieurs populations nous avons traité nos données par la méthode de classification hiérarchique ascendante (CAH).

3-4-1-Analyse en Composante Principale (ACP)

L'ACP est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter sous une forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau des données, elle permet aussi de visualiser la position des variables étudiées selon un cercle de corrélation, dont les axes correspondent à la direction des facteurs. Lorsque les variables sont proches du cercle, on peut dire qu'elles sont bien représentées.

3-4-2-Classification Hiérarchique Ascendante CAH

La méthode de classification hiérarchique ascendante CAH choisie pour notre cas est celle de WARD, une méthode reposant sur un critère d'optimisation assez naturel selon Gilbert et Saporta (1990), elle constitue la meilleure méthode de classification hiérarchique sur données euclidiennes. Elle consiste à classer (« n » variables, « p » observations); tel que chaque observation comporte n variables mesurables. Les éléments à classer sont des vecteurs, et l'ensemble qu'ils constituent est muni d'une distance euclidienne : on peut alors construire une matrice des distances entre les variables et les observations. On définit ensuite un critère d'affectation ou d'« inertie » de regroupement de ces vecteurs, c'est-à-dire une règle de calcul des distances (d'agrégation) entre les groupements disjoints de variables ou observations. Les deux groupements dont la distance est la plus faible (selon ce critère) se réunissent alors, et on itère le processus jusqu'à ce groupement complet de classes. On peut représenter la classification ascendante hiérarchique par un arbre, appelé dendrogramme ou arbre de classification.

4. Résultats et discussion

4-Résultats et discussion

Avant de présenter les résultats relatifs à notre essai sur l'effet du stress salin, nous nous proposons de présenter de prime abord, les caractéristiques des eaux d'irrigations et des solutions retenues dans l'essai.

4-1- Caractérisation des eaux d'irrigation retenues dans le test

Les résultats d'analyse de chaque type d'eau sont présents dans le tableau (05).

Tableau 05 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

| Eau | pH | CE dS/m | RS (g/l) |
|---------------------|------|---------|----------|
| 1- L'eau de robinet | 7.31 | 1.31 | 2.8 |
| 2- Drain | 7.67 | 7.12 | 17.83 |
| 3- Forage nouveau | 7.20 | 1.20 | 2.22 |
| 4- Forage ancien | 7.25 | 1.77 | 3.7 |

RS : résidu sec

4-1-1- Conductivité électrique

Les mesures de la CE des eaux d'irrigation sont présentées dans la figure 01 qui permet de classer et déduire leur degré de salinité.

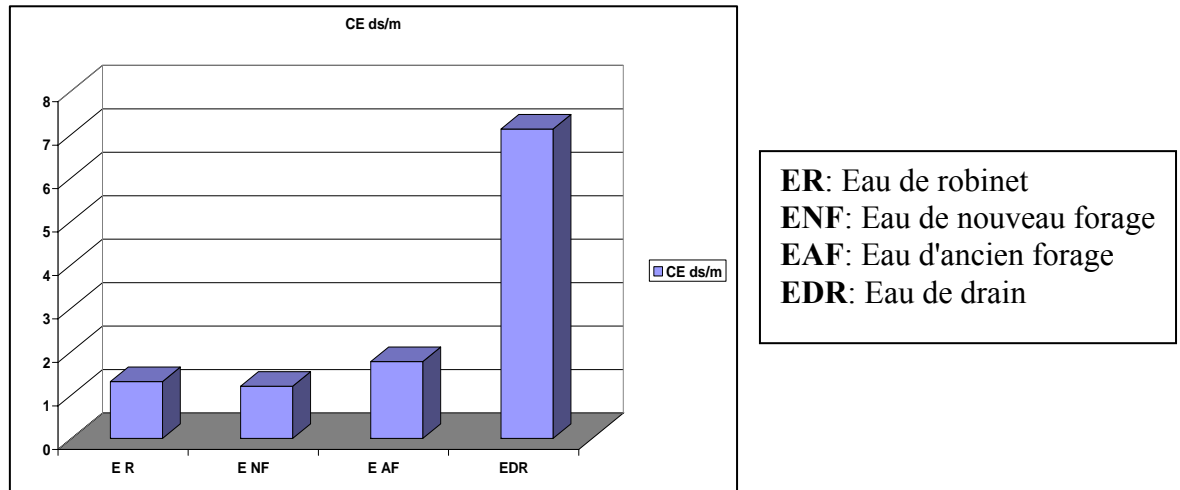


Fig. 01 : Conductivité électrique des eaux d'irrigation.

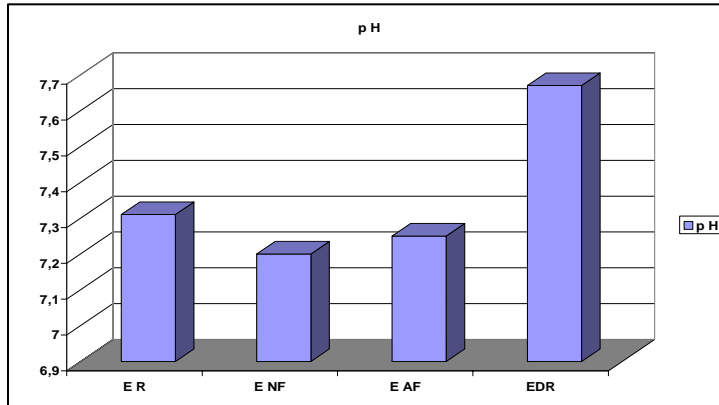
4. Résultats et discussion

Les valeurs des trois types d'eau sont : l'eau de robinet de 1.31 dS/m, l'eau de nouveau forage 1.20 dS/m, et d'ancien forage 1.77 dS/m. selon FLOREX, (1961) in OMEIRI (1994), ces eaux sont fortement salées (comprise entre 0.75 et 2.25 dS/m).

Par contre l'eau du drain a une valeur de 7.12 dS/m qui est extrêmement salée (comprise entre 5 et 20 dS/m).

4-1-2- pH

Le pH des eaux d'irrigation est présenté dans la figure 02.



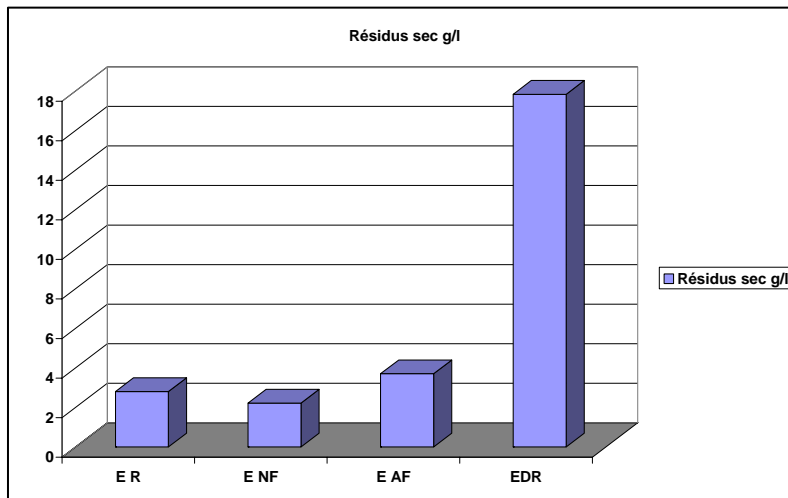
ER: Eau de robinet
ENF: Eau de nouveau forage
EAF: Eau d'ancien forage
EDR: Eau de drain

Fig 02 : Le pH des eaux d'irrigation

Les valeurs sont de 7.31 de l'eau de robinet 7.67 de drain de 7.20 de l'eau de nouveau forage et 7.25 de l'eau de l'ancien forage .Ces valeurs appartiennent à un intervalle de pH alcalin.

4-1-3- Résidus secs

Les résultats sont présentés dans la figure 03



ER: Eau de robinet
ENF: Eau de nouveau forage
EAF: Eau d'ancien forage
EDR: Eau de drain

Fig 03 : Résidus secs des eaux d'irrigation

4. Résultats et discussion

On a obtenus les valeurs suivantes pour l'eau de robinet : 2.8 g/l pour le forage nouveau : 2.22 g/l, pour le forage ancien : 3.7 g/l et pour l'eau de drain : 17.83 g/l, qui est le plus élevé que les autres.

4-1-4- Le faciès chimique

Les résultats d'analyse du faciès chimiques des eaux d'irrigation sont présents dans le tableau 06.

Tableau 06 : Résultats d'analyses du faciès chimiques des eaux d'irrigation

| Eléments Eau | Cations (mg/l) | | | | Anions (mg/l) | | | |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------------|---|
| | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ /SO ₄ ⁻ |
| Eau de R | 233 | 119 | 438 | 22 | 25.4 | 520 | 62.1 | 0.41 |
| Drain | 503 | 1022 | 2234 | 109 | 3521 | 4010 | 54 | 0.87 |
| N. Forage | 233 | 119 | 438 | 12 | 215 | 436.1 | 45 | 0.49 |
| A. Forage | 144 | 385 | 250 | 18 | 250.1 | 498.3 | 65.4 | 0.50 |

(A.N.R.H., 2007)

Les résultats analytiques indiquent une richesse anormale en sels solubles dans toutes les eaux, notamment l'eau du drain qui présente une quantité très élevée de ces derniers, les anions (Chlorures et de sulfates) et des cations (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ et K⁺). Alors que celles de bicarbonates de faible valeur (absence de carbonate). Quant, aux autres eaux les chlorures et les sulfates constituent les anions dominants leurs quantités sont variables.

Parmi les cations solubles, le sodium est le plus abondant avec une concentration élevée dans l'eau de robinet et le nouveau forage tandis que l'eau d'ancien forage présente une faible valeur de ce dernier.

L'ion Ca⁺⁺ dans toutes les eaux est en quantité moyenne.

L'ion Mg⁺⁺ est toujours en quantité plus grande que les autres cations dans l'eau d'ancien forage et quantité moyenne dans l'eau de robinet et le nouveau forage.

Le rapport Cl⁻/SO₄⁻ est toujours inférieur à 1 qui explique la dominance de sulfate par rapport aux chlorure.

Ces données analytiques indiquent la richesse des eaux d'irrigation en sel soluble surtout en sulfates.

4-2- Caractérisation des solutions préparées

Les résultats d'analyse de chaque solution sont présentés dans le tableau (07).

Tableau 07 : Caractéristiques de solutions préparées

| Solution | pH | CE (dS/m) | [Na Cl] g/l |
|----------|------|-----------|-------------|
| S1 | 6.10 | 2.38 | 2.92 |
| S2 | 5.87 | 3.27 | 5.84 |
| S3 | 5.50 | 4.57 | 8.76 |
| S4 | 5.19 | 6.55 | 11.68 |

4-2-1- Conductivité électrique

Les mesures de la CE pour les solutions préparées sont présentées dans la figure 04

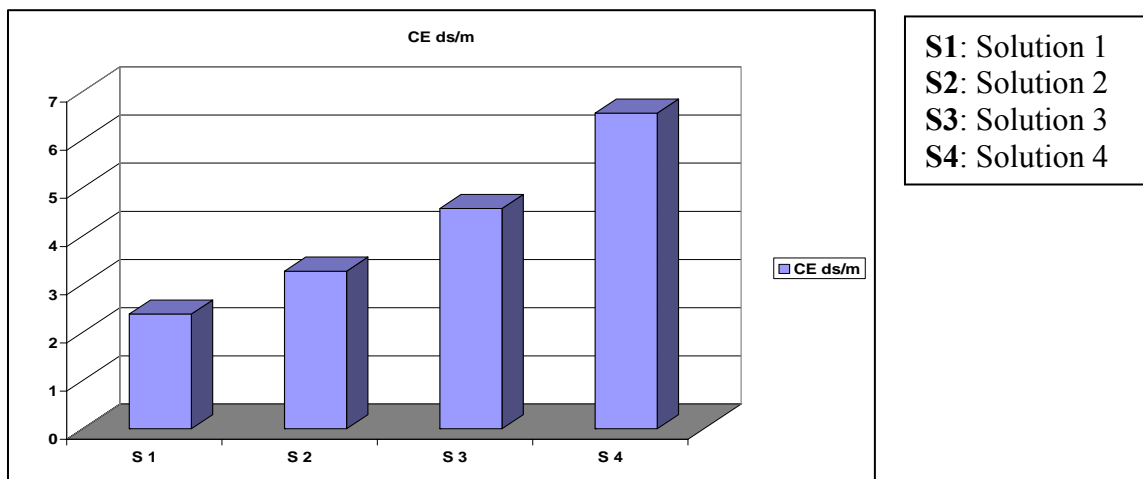


Fig 04 : Conductivité électrique des solutions préparées

On a obtenu les valeurs suivantes pour $S_1 = 2.38$ dS/m, pour $S_2 = 3.27$ dS/m, pour $S_3 = 4.57$ dS/m et pour $S_4 = 6.55$ dS/m selon FLOREX (1961 in OMEIRI 1994), les trois premières solutions (S_1, S_2, S_3) sont très fortement salées et la 4^{ème} solution S_4 sont extrêmement salées.

4-2-2- pH

Les résultats des mesures des pH sont exprimés dans la figure 05.

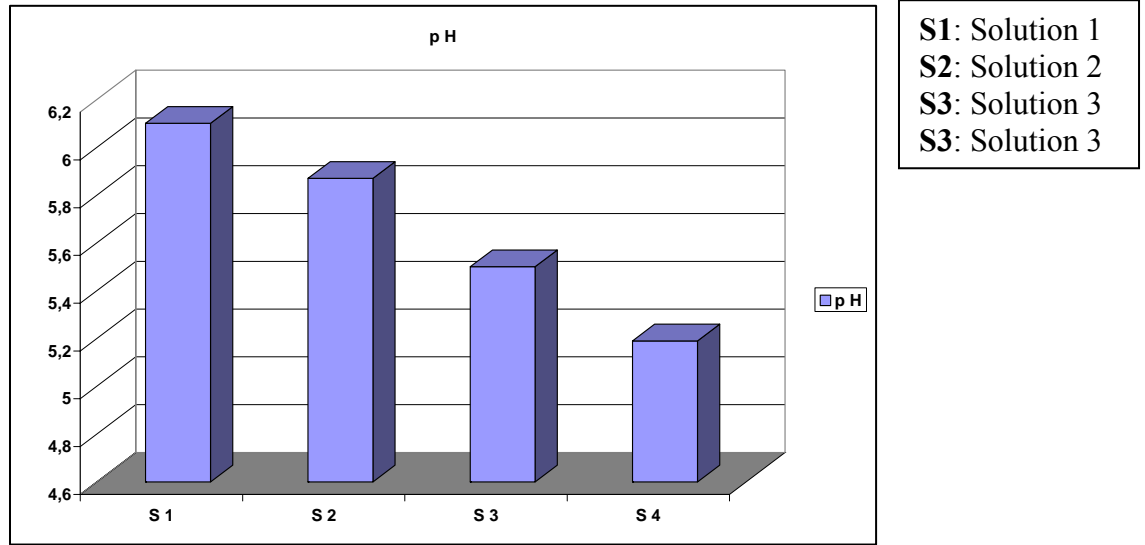


Fig 05 : le pH des solutions préparées

On obtenus les valeurs 6.10 de S₁, 5.87 de la S₂, 5.50 de la S₃ et 5.19 de la S₄. Ces solutions sont classées comme suite : S₁ : solution neutre, S₂ : solution acide et S₃, S₄ sont très acides.

4-3- Analyse des résultats

L’essai sur l’effet du stress salin sur la productivité de la population saharienne de la luzerne (*Medicago. Sativa L*) au niveau du laboratoire de l’ex-ITAS a donné lieu à différents résultats qui seront présentés et analysés ci-après.

De prime abord, on a constaté que la population d'Illizi n’a pas germé dans toutes les solutions. Cela peut être du à la non tolérance de cette population soit à la qualité de grain (dureté de tégument), soit encore à une autre cause non identifiée.

Ainsi seules les 15 autres populations ont été retenues pour la suite de l’essai.

4-3-1-Influence du stress salin

4-3-1-1-Action sur les paramètres étudiés

La moyenne calculée sur 3 répétitions, par traitement, pour les différentes niveaux de salinités 50 mM (2,92 g/l), 100mM (5,84 g/l), 150 mM, (8,76 g/l), 200 mM (11,68 g/l) et les différents types d'eau d'irrigation utilisés (l'eau de nouveau forage, l'eau de robinet, l'eau

d'ancien forage et l'eau de drain) qui contient des différentes quantités de sel qui sont respectivement (2,2g/l, 2,8g/l 3,7g/l et 17,83 g/l) nous a permis de tracer des courbes de pourcentage de germination, de taux d'apparition des feuilles et de la longueur minimale et maximale du tigelle, et d'en déduire chaque paramètre pour chacun des niveaux de salinité qui apparaissent respectivement dans les figures 6,7,8,9,10,11,12 et 13.

4-3-1-1-1-Le taux de germination

*Effet de la concentration de l'NaCl sur la germination

La figure 6 illustre l'effet des concentrations croissantes en NaCl sur la capacité germinative exprimée par rapport au témoin.

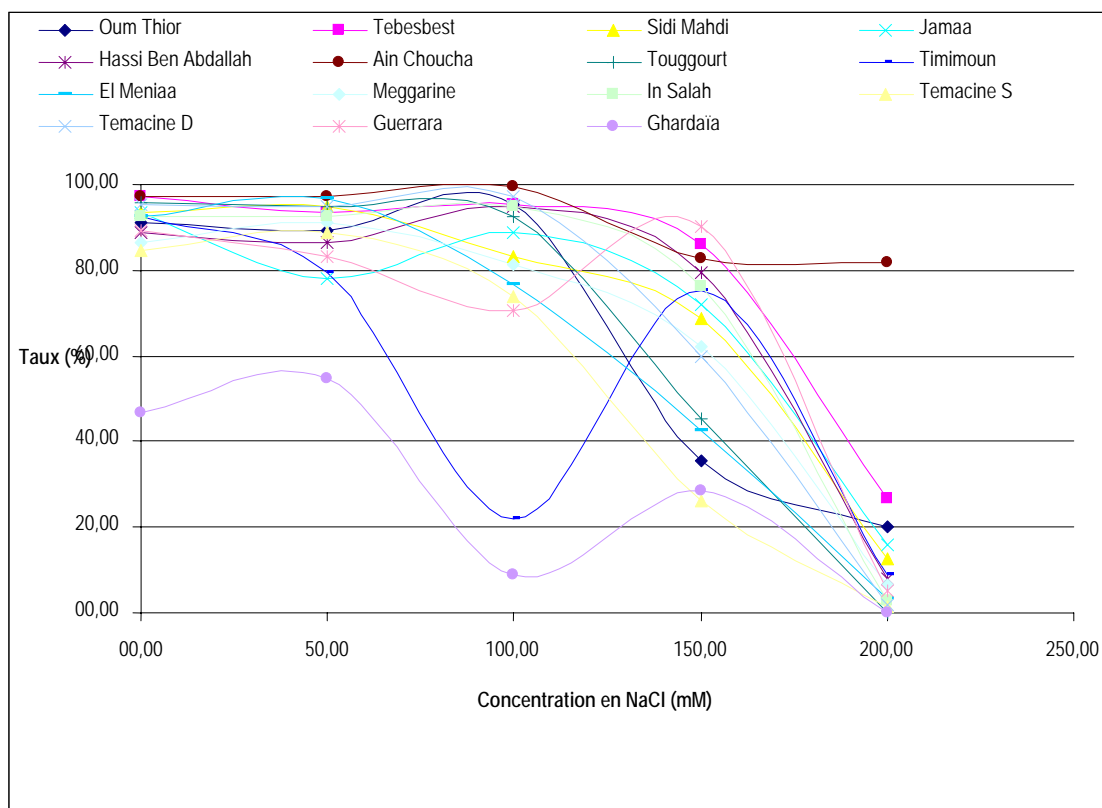


Fig 06 : Variation du taux de germination des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl

Cette figure montre que l'élévation de la concentration en NaCl provoque une diminution ou bien une légère variation de la capacité germinative chez la majorité des populations étudiées, à l'exception des deux populations Timimoun et Ghardaïa qui ont une variation remarquable par rapport à cette concentration, la population Ghardaïa est la seule population qui a une faible valeur du taux de germination par rapport au témoin.

4. Résultats et discussion

De même, les deux concentrations 50 mM et 100 mM sont tolérées par la majorité des populations, seulement les deux populations Timimoun et Ghardaïa qui n'ont pas un taux de germination élevée dans la solution 100 mM.

La concentration 150 mM provoque une diminution de la capacité germinative des populations Oum Thior, El Meniaa, Hassi ben Abdallah et Temacine S. Cette concentration est tolérée par les autres populations d'où la capacité germinative est supérieure 50%.

A une concentration de 200mM la capacité germinative est diminuée sauf la population Ain Choucha présente une capacité germinative de 82%, il en résulte que cette population est plus tolérante à la salinité en phase germinative que celle d'autre population.

* Effet de la concentration en sel

Les données de la figure 07, illustrant l'effet de la présence de sel dans l'eau d'irrigation utilisée sur le taux de la germination exprimée par rapport au témoin

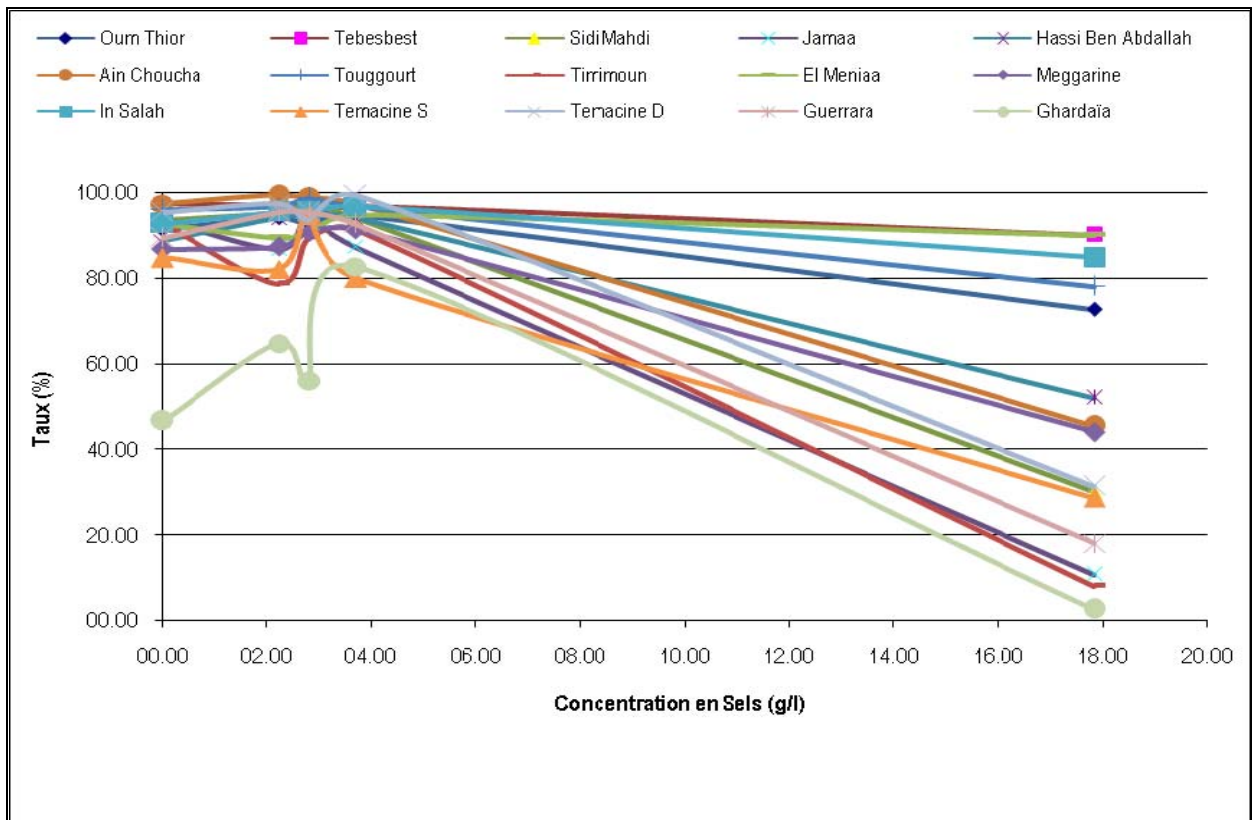


Fig 07 : Variation du taux de germination des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux

Les taux de germination représentés en fonction de quantité de salure varient avec la population. Pour le témoin toutes les populations atteignent un taux de germination très voisin de 100% sauf la population Ghardaïa qui a un taux inférieur de 60%.

L'examen de cette figure montre que les quantités de sels présentées dans l'eau de robinet (2,8 g/l) et nouveau forage sont tolérées par les populations étudiées puisqu'elles engendrent une légère augmentation du taux de germination exprimées par rapport au témoin, sauf la population Timimoun, qui subit une légère diminution.

Toujours selon les courbes de la figure (7), nous remarquons que au de là de 3.7 g/l dans l'eau de l'ancien forage le taux de germination des gaines stressé est réduite chez toutes les population par rapport aux différentes concentrations de l'eau de nouveau forage qui présente 2.2g/l de salure jusqu'à 17.83g/l qui présente l'eau du drain ; mais de façon plus accentués pour les populations (Ghardaïa, Timimoun, Djamaa, Guerara, Temacine S, Temacine D, Sidi Mahdi, Ain Choucha et Hassi Ben Abdallah), que pour l'autre population qui ont une capacité germinative assez élevées mais reste inférieur au témoin.

***Discussion**

Pour approcher l'effet de la salinité sur la germination des populations, on a exprimé les résultats en fonction des concentrations en NaCl et en sels. La superposition de ces deux graphes nous a montré que la présence de sels en petite quantité n'engendre aucune variation du taux de germination chez la plupart des populations étudiées. Ainsi, nous pouvons relever les constatations suivantes :

- Les concentrations entre 2.2- 3.7 g/l de sels (NaCl seul ou sels totaux), sont tolérées par la majorité des populations, sauf la population Ghardaïa et sous l'effet des différentes concentrations en sel même en absence de sel (témoin), la capacité germinative reste inférieur par rapport aux autres populations à l'exception dans la concentration de 3,7g/l (l'eau d'ancien forage) qui a une valeur importante par rapport au témoin, ce qui peut être expliqué par la mauvaise qualité de la semence (mauvaises conditions de récolte et/ou de stockage) ; et que l'échantillon retenu pour le test à 3.7g/l comprenait des graines de bonnes conditions.
- Sous la concentration à 100 mM de NaCl (6g/l), il n'y a pas de différence apparente par rapport aux concentrations précédentes, seulement Timimoun et Ghardaïa qui ont un taux de germination inférieur de 30%.

Donc la germination des graines, en absence et en présence d'une faible salinité (100Mm de NaCl) indiquent le caractère commun aux graines, lié à l'expression des conditions optimales de la germination; cela confirme la règle générale sur la germination des halophytes (GROUZIS *et al.*, 1976 in MOULAY *et al.*, 2004; BADGER *et al.*, 1984 in MOULAY *et al.*, 2004) et des glycophytes (FRANCOIS *et al.*, 1986 in MOULAY *et al.*, 2004, BELKHODJA *et al.*, 1992 in MOULAY *et al.*, 2004).

- A partir de 150mM, le début de réduction enregistré par rapport au témoin, quant à cette concentration Temimoun est montre une tolérance. Ce qui montre que c'est également la concentration de NaCl qui constitue la principale source de variation (**GROUZIS et al., 1976, in BELKHODJA 2004; BODGER et al., 1989 in BELKHODJA 2004**)
- Les différentes populations montrent une réduction de taux germination à partir des concentration plus élevées de solution d'imbibition qui contient 200 mM de NaCl (6.55 dS/m) et de l'eau du drain qui présente une salure sulfatées par rapport au témoin).tandis que le taux de germination dans la solutions de 200 mM enregistre une réduction plus forte chez toutes les population sauf la population Ain Choucha qui subit une faible diminution toujours par rapport au témoins par contre, les graines soumises au traitement à l'eau du drain, les populations (Tebsebest, Oum Thior, Touggourt, El-Meniaa et In Salah), subissent une faible diminutions de taux de germination. Toutes les populations sont sensibles à la présence de 200 mM de NaCl dans la solution d'imbibition sauf la population Ain Choucha devient tolérante à cette concentration .Quant aux les populations (Tebsebest, El-Meniaa, Oum Thior, Touggourt et In Salah) deviennent moins sensible dans la quantité de sel qui présent dans l'eau du drain (17.83g/l).

La réduction du taux de germination pour les niveaux de salinité mixte de 17.83 g/l ou purement chlorurée 200mM (11.8 g/l) pourraient être expliquée soit par la toxicité spécifique des ions par l'effet du sel, soit par l'effets osmotiques de sel.

Les effets osmotiques se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber les quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation nécessaire au déclenchement du processus de germination. Ils conduisent à une diminution de la vitesse de germination (**BLISS et al 1986 in REJILI et al., 2006**). Les effets toxiques liés a une accumulation cellulaire de sels et provoquant des perturbations des enzymes impliqués dans la physiologie des graines en germination (**UNGAR 1983 in REJILI et al., 2006**) empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (**GUERRIER, 1983 in REJILLI et al., 2006**).

4-3-1-2-L'apparition des feuilles

****Effet de la concentration de l'NaCl sur l'apparition des feuilles**

Les résultats concernant la variation du taux d'apparition des feuilles des différentes populations Sahariennes de luzerne étudiées sous l'effet des différentes concentrations en NaCl apparaissent sur la figure (8)

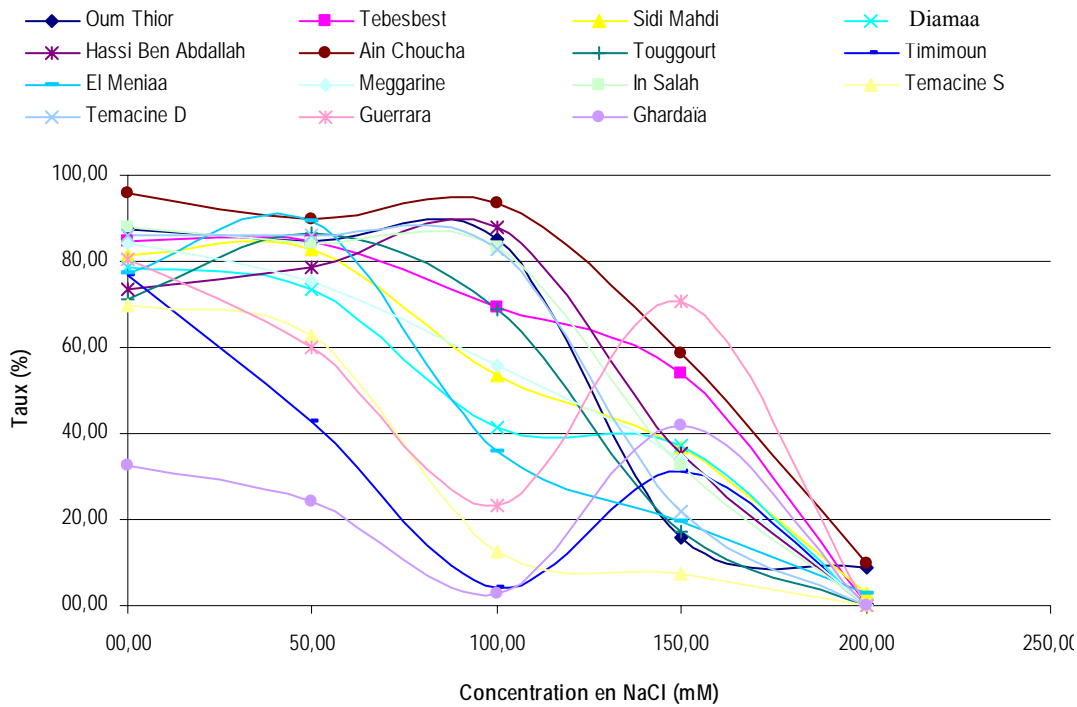


Fig 08 : Variation du taux d'apparition des feuilles des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl

Cette figure montre que le taux d'apparition des feuilles, varie avec la population et la concentration en sel de la solution d'imbibition. Pour l'eau distillée (milieu témoin) la 1^{ère} population à atteindre le maximum est Ain Choucha (96%).

En présence de sel dans la solution d'imbibition la majorité des populations subit une diminution du taux d'apparition des feuilles, sauf les populations Djamaa, Ghardaïa et Guerara qui ont une augmentation marquée dans la solution 150 mM.

Une concentration de 200 mM fait diminuer le taux d'apparition des feuilles de toutes les populations (inférieur de 20%).

*** Effet de la concentration en sel**

La figure (9) visualise les taux cumulés d'apparition des feuilles des graines stressées de chaque population étudiées pour les différents niveaux de salinité d'eau d'irrigations utilisées.

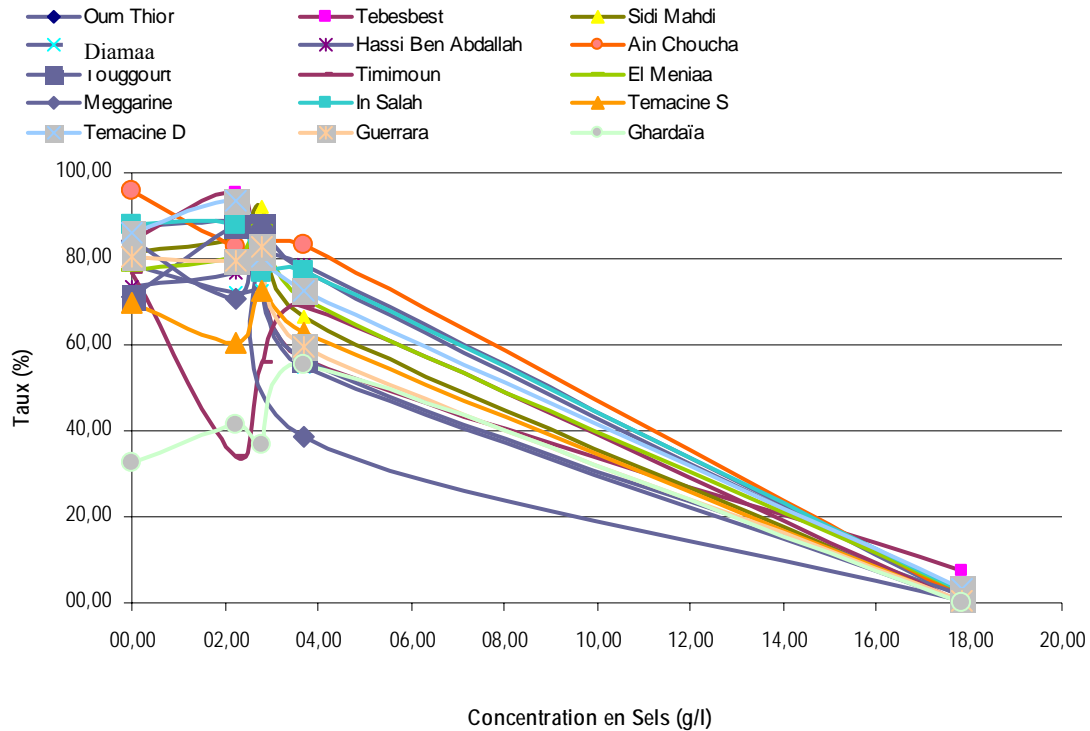


Fig 09 : Variation du taux d'apparition des feuilles des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux

L'analyse de cette figure montre le taux d'apparition des feuilles varie avec la population et les quantités de sel dans l'eau d'irrigation. Pour le témoin le maximum des taux d'apparition des feuilles assez élevées chez toutes les populations sauf la population Ghardaïa qui a un taux faible, en absence de sel dans la solution d'imbibition (l'eau distillé) la population Ain Choucha est la première population qui atteint le maximum du taux d'apparition des feuilles.

Lorsqu'on utilise l'eau de nouveau forage qui contient 2.2g/l les populations Ain Choucha, Djamaa, Guerara, Temacine S et Meggarine subissent une légère diminution ne de passe pas le 10% par rapport au témoin, tandis que la population Temimoun subit une diminution marquée qui est de 40%, par contre les populations Ghardaïa et Tebesbest subissent une augmentation de 10% par rapport au témoin.

Par ailleurs, l'utilisation d'eau d'irrigation qui contient une quantité de sel entre 2.4 g/l et 3,7g/l la seule population Tebesbest qui était plus sensible à la présence de sel. Quant aux autres populations ces concentrations des sels de 17.83 g/l qui présente dans l'eau de drain, toutes les populations deviennent sensible à cette quantité de sels.

***Discussion**

Les observations sur le taux d'apparition des feuilles concluent à des différences de comportement des graines des 15 populations du Luzernes (*Medicago. Sativa. L*) stressés au NaCl aux concentrations 50mM, 100mM, 150mM et 200mM et aux différents types d'eau d'irrigation utilisée, il est possible de retenir les points essentiels suivants:

- Le taux d'apparition des feuilles en absence de sel et en présence en faible quantité jusqu'à 3.7g/s est de l'ordre de 50% chez la majorité des populations ; nos résultats corroborent de **EATON (1942) in ASLOUM (1990), PESSAR AKLI et TUCKER (1985) in ASLOUM (1990)** qui ont démontré que les niveaux faible de salinité stimulent en générale la croissance des plantes des tomates;sauf les populations Ghardaia et Temimoun qui ont un rythme irrégulier dans ces concentrations et Meggarine qui présente un faible taux d'apparition des feuilles dans l'eau d'ancien forage, ceci paraît être logique lie à les conditions expérimentales.
- Sous la concentration de 100mM de NaCl (5 g/l) les populations Ain Choucha, Hassi ben Abdallah, Oum Thior, In Salah et Temacine D présentent un taux d'apparition des feuilles très proche telle qu'il est au témoin.

Par contre dans la même concentration les plantules de Ghardaïa, Temimoun et Temacine S présentent une sensibilité puisqu'elles enregistrent un taux inférieur de 10%, aussi chez Guerara, cette concentration fait diminuer le taux d'apparition des feuilles c'est peut être due à les conditions expérimentales.

- La concentration de 150mM (8 g/l de NaCl) provoque une diminution de taux d'apparition des feuilles par rapport au témoin.
- Sous les concentrations de 11.8 g/l de NaCl et 17.8 g/l de sels les taux d'apparition des feuilles tend à s'annuler chez toutes les populations.

Nos résultats ont montré que toutes les populations étudiées ne sont pas capables de continuer leur croissance sous les milieux à haute concentration.

4-3-1-3-La longueur maximale de la tigelle

* Effet de la concentration de l'NaCl

L'examen de cette figure montre que la longueur de la tigelle varie avec la concentration en NaCl de la solution d'imbibition pour le témoin (l'eau distillée), quelle que soit la population le maximum de longueur de la tige atteint est très voisin de 60 mm. La première population à atteindre le maximum de la longueur maximale de la tigelle, en absence de sel, est Tebesbest.

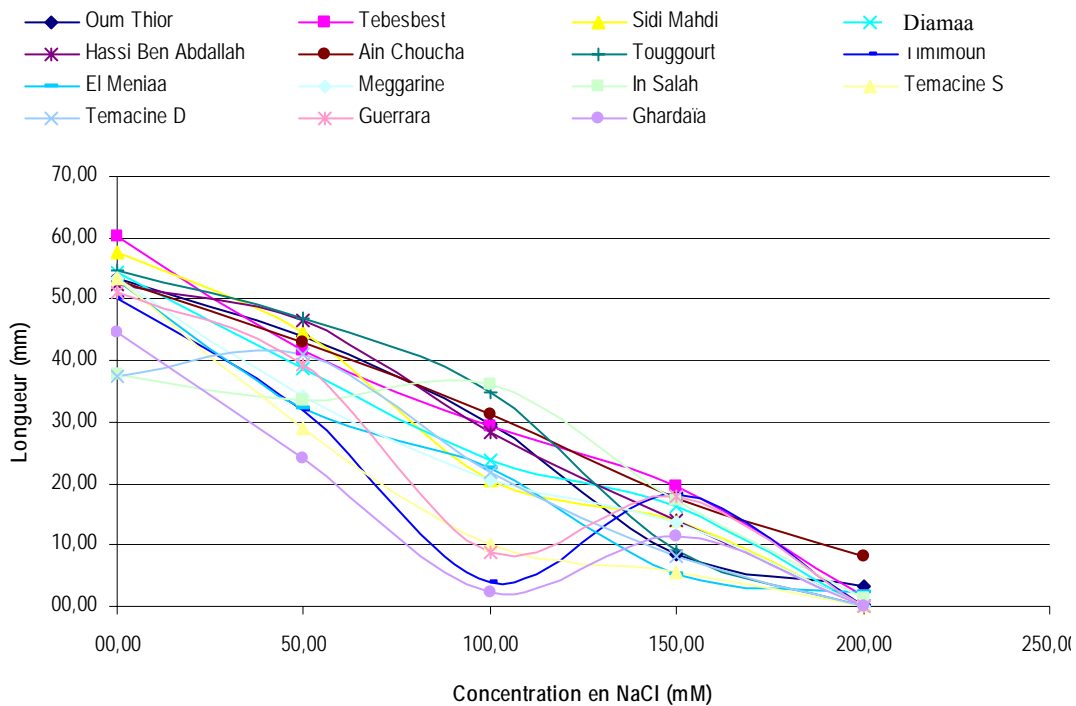


Fig 10 : Variation de la longueur maximale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl

L'observation des résultats de la figure (10) montre que, quelle que soit les quatre concentrations utilisées (50mM, 100mM, 150 mM et 200mM de NaCl) la longueur maximale de la tigelle des graines stressées est réduite par rapport au témoin.

Une concentration de 100mM de NaCl fait une diminution de la longueur maximale de tigelle pour l'ensemble des populations sauf pour Meggarine.

Chez les populations Ghardaïa, Guerrerra et Temimoun, la concentration de 150 mM de NaCl fait augmenter la longueur maximale de la tigelle (supérieur de 10 mm) mais toujours

inférieure par rapport au témoin. Une concentration de 200 mM, les plantules de toutes les populations deviennent sensibles

*** Effet de la concentration en sel**

La figure (11) schématise les courbes de la longueur maximale chez toutes les populations.

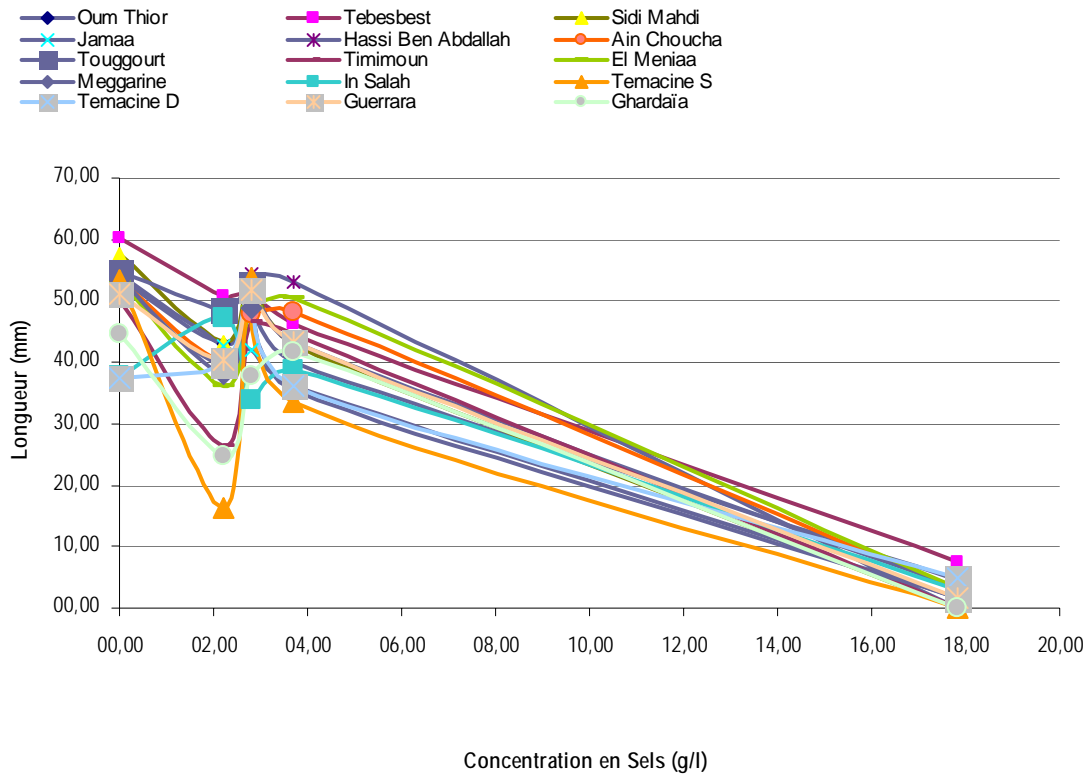


Fig 11 : Variation de la longueur maximale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux

L'examen de la figure (11) montre que les longueurs maximales de la tigelle varient avec la population et la quantité de sel qui présente dans l'eau d'irrigation. L'allure générale de cette figure montre une diminution de la longueur maximal de tigelle en fonction des quantité de sel; pour le témoin quelle que soit la population la longueur maximal de la tigelle est plus grande que dans les autre eaux d'irrigation, sauf les deux population Temacine D et In Salah qui subissent une légère augmentation dans l'eau de nouveaux forage (2.2g/l). Tandis que les autres populations cette concentration fait diminuer la longueur maximale de tigelle.

La concentration de sels dans l'eau de robinet (2,4g/l) fait augmenter la longueur maximale chez les populations et d'une manière remarquable chez Ghardaïa, Temacine S et

Temimoun quant à la même concentration provoque une diminution supérieure de 10 mm chez In salah.

Dans l'eau d'ancien forage (3.7g/l) les populations sont voisines, elles subissent une légère augmentation ou diminution chez les différentes populations, la population Temacine S1, leur diminution est remarquable.

Au de là de cette concentration (3,7g/l) jusqu'à le niveau de 17,83g/l, toute les populations ont une faible longueur maximal de tigelle puisqu'elles deviennent sensibles à cette grande quantité de sels.

* Discussion

La superposition de deux graphes de variation de la longueur maximale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux et en NaCl nous a permis de distingues les suivants :

- La majorité des plantules atteint leur longueur maximale dans l'eau distillée;
- L'élévation de la concentration des sels provoque la diminution de la longueur maximale de la tigelle.
- Les concentrations de 50 mM, l'eau de robinet et l'eau d'ancien et de nouveau forage sont tolérées par toutes les populations étudiées puisqu'elles n'engendrent qu'une légère diminution de la longueur maximale du tigelle exprimées par aux témoins qui restent relativement élevées.
- A partir de la concentration de 100 mM (5. g/l de NaCl) jusqu'à 150 mM. (8 g/l de NaCl) les plantules subissent un diminution de la longueur maximal du tigelle, notamment chez Ghardaia, Temacine S, Guerara et Timimoun.

Il convient d'indiquer que sous les concentrations de 11.8 g/l de NaCl et 17.8 g/l des sels, les plantules deviennent très sensibles.

Ces résultats confirment les résultats de **BENNABI (2005)** qui montre que la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces ainsi que la grosseur des fruits diminue, d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité.

4-3-1-4-la longueur minimale de tigelle

* Effet de concentration en NaCl

La figure (12) nous illustrons les résultats obtenus pour les 15 populations :

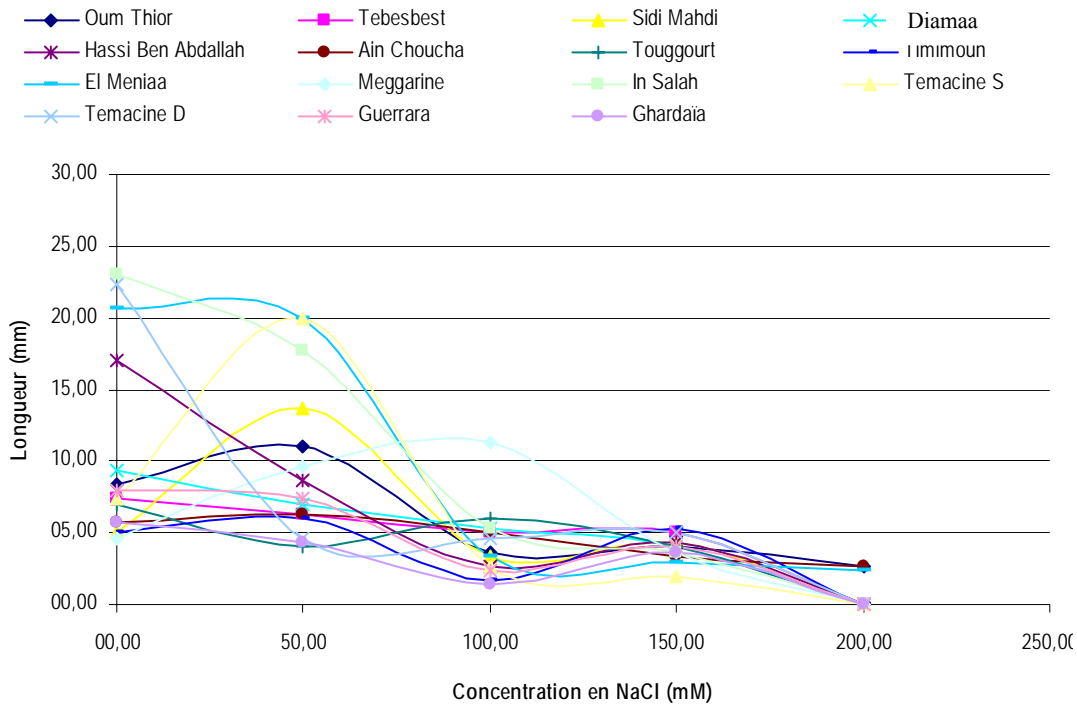


Fig 12 : Variation de la longueur minimale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de la concentration en NaCl

L'examen de cette figure montre que la longueur minimale de tigelle est variée de différentes concentrations, mais la majorité des plantules de différentes populations deviennent sensibles lorsque la concentration de sel augmente.

Pour le témoin les populations sont groupées en deux, dont la première à une longueur supérieure de 15 mm contient les populations Hassi ben Abdallah, El Menia, Temacine S et In Salah et la deuxième contient les autres populations qui ont une longueur minimale inférieure de 10 mm.

La concentration de 50 mM permet une augmentation de la longueur minimale chez les populations. Oum Thior, Meggarine, Temacine D, Sidi Mahdi et Ain Choucha. Lorsque la concentration augmente la longueur est diminuée ou bien une légère augmentation ne dépasse pas le 5 mm sauf pour la population Meggarine qui atteint leur maximum de la longueur minimale dans la solution de 100 mM de NaCl.

*** Effet de la concentration en sel**

Les données de la figure (13) illustrant l'effet de la concentration des sels sur la longueur minimal de tigelle exprimée par rapport au témoin,

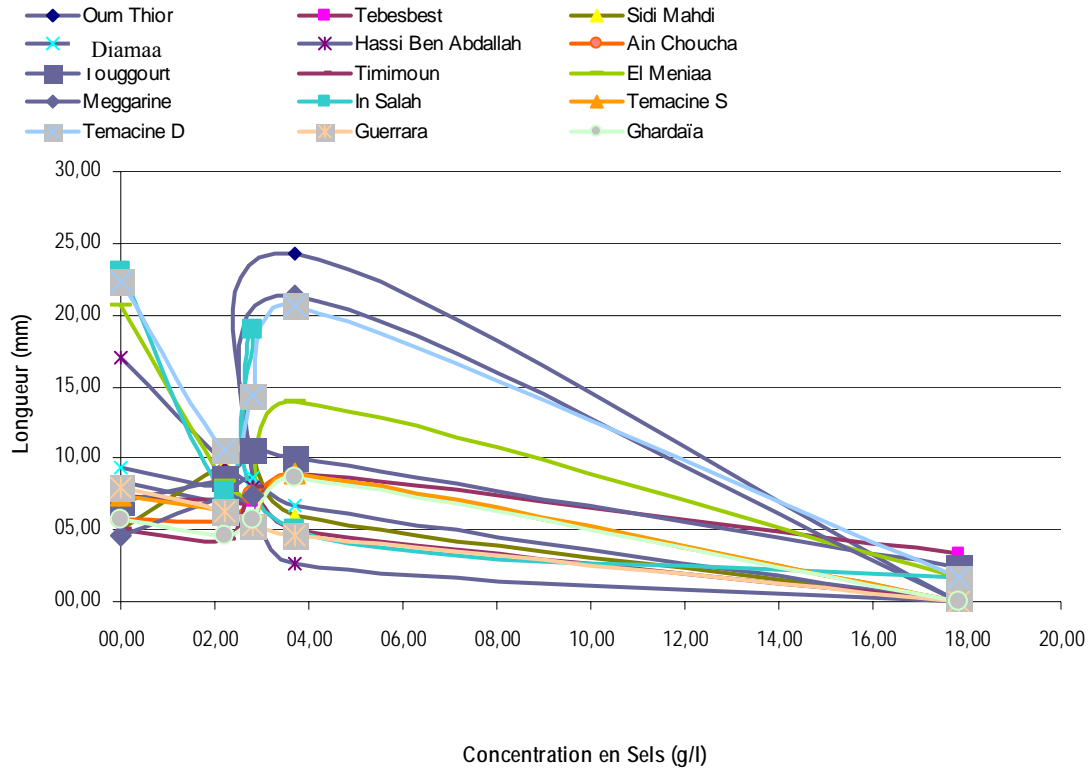


Fig 13 : Variation de la longueur minimale de la tigelle des différentes populations sahariennes de luzerne en fonction de différentes eaux

L'analyse de cette figure montre que pour les populations étudiées, la présence de sel provoque un rythme plus ou moins régulier au cours de différentes concentrations d'où la première concentrations utilisée (2.2g/l), la longueur minimal est diminuer par rapport au témoin et plus marquée chez : In Salah, Temacine D, El Meniaa et Hassi Ben Abdallah. Cette concentration permet une légère augmentation de la longueur minimale chez Meggarine et Touggourt et d'une manière remarquable chez Sidi Mahdi (+ 5mm).

Pour l'eau de robinet (2.8g/l) la plus part des populations ne présentent aucune réaction qui l'enregistre, sauf pour la population In Salah qui augmenté de plus de (7 mm) de la longueur et aussi chez Temacine D de 4 mm.

Pour l'eau d'ancien forage, la longueur minimal de tigelle est diffère d'une population à l'autre. A cette concentration des sels (3.7 g/l), les populations qui enregistrent une évolution remarquable par rapport au témoin sont Oum Thior, Meggarine et Temacine D aussi les

populations El Meniaa, Touggourt, Tebesbest et Ghardaïa subissent une légère augmentation. En revanche cette concentration provoque une diminution chez In Salah, Sidi Mahdi et Hassi ben Abdallah.

En fin, la concentration 17.83 g/l de sel dans l'eau du drain n'est pas tolères par aucune populations.

* Discussion

Les mesures de la longueur minimale de la tigelle des toutes les populations étudiées dans les solutions purement chlorurées et mixtes nous a permis de retenir les points essentiels suivants :

- Toujours pour la majorité des populations étudiées la longueur minimale de la tigelle est importante en absence de sel (témoins).
- L'augmentation des concentrations de sels et NaCl dans la solution d'imbibitions provoque une diminution de la longueur minimale.
- Les concentrations de 50 mM et 100mM de l'NaCl et l'eau de robinet et l'eau de nouveau forge fait diminue la longueur minimale chez la majorité des populations mais de façon plus accentue la diminution qui subit les populations Hassi ben Abdallah, In Salah, El- Meniaa sous le traitement de nouveau forage.
- Les concentrations d'ancien forage est tolérées par les populations : El Meniaa, Oum Thior, Temacine D, et Meggarine, qui explique la tolérance des ces populations à cette concentration, ce ci parait logique compte tenu les conditions écologiques du milieu d'origine de ces population (milieu salé).

Nos résultats ont montré que ces populations sont capables de lever à cette concentration. Des résultats semblables à nos résultats de **ASLOUM (1990)** estiment que des travaux anciens de **BUFFUM (1899)** cité par **RUDOLFS (1925)** montre que la salinité à des effets bénéfiques sur la germination et croissance de quelques espèce à des niveaux faibles.

- Les concentrations de 150m et 200 mM et l'eau du drain toutes les populations la longueur minimale de la tigelle est très et par apport aux témoins qui reste élevées et par appart aux différentes concentration qui explique la sensibilité des toutes les populations à haute concentration de salinité.

4-3-2 Analyse en composantes principales

***. Etude des variables**

Le plan principal est celui formé par les axes 1 et 4 sur lequel il y a le maximum d'information (47.200 % d'information générale).

Les variables qui ont les \cos^2 les plus élevées sont celles qui contribuent le plus à la formation d'un axe donné et sont les plus liées à ces derniers.

Ainsi pour notre cas, les variables qui contribuent le plus à ces 2 axes sont respectivement :

- GED (1), GER (2), GNF (3), GAF (4), GDR (5), G50 (6), G100 (7), AED (10), AER (11), ANF (12), A50 (15), A100 (16), XNF (30), XDR (32), NaCl X50 (33) et X100 (34), ont contribué le plus à la formation de l'axe 1.
- Pour l'axe 4 : AAF (13), ADR (14) et XED (28).

Sur le cercle de corrélation on trouve que toutes les variables qui contribuent à l'axe (1) sont du côté négatif.

Tandis que la variable AAR (13) se trouve du côté positif de l'axe 4 et opposé à ADR (14) et XED (25) du côté négatif.

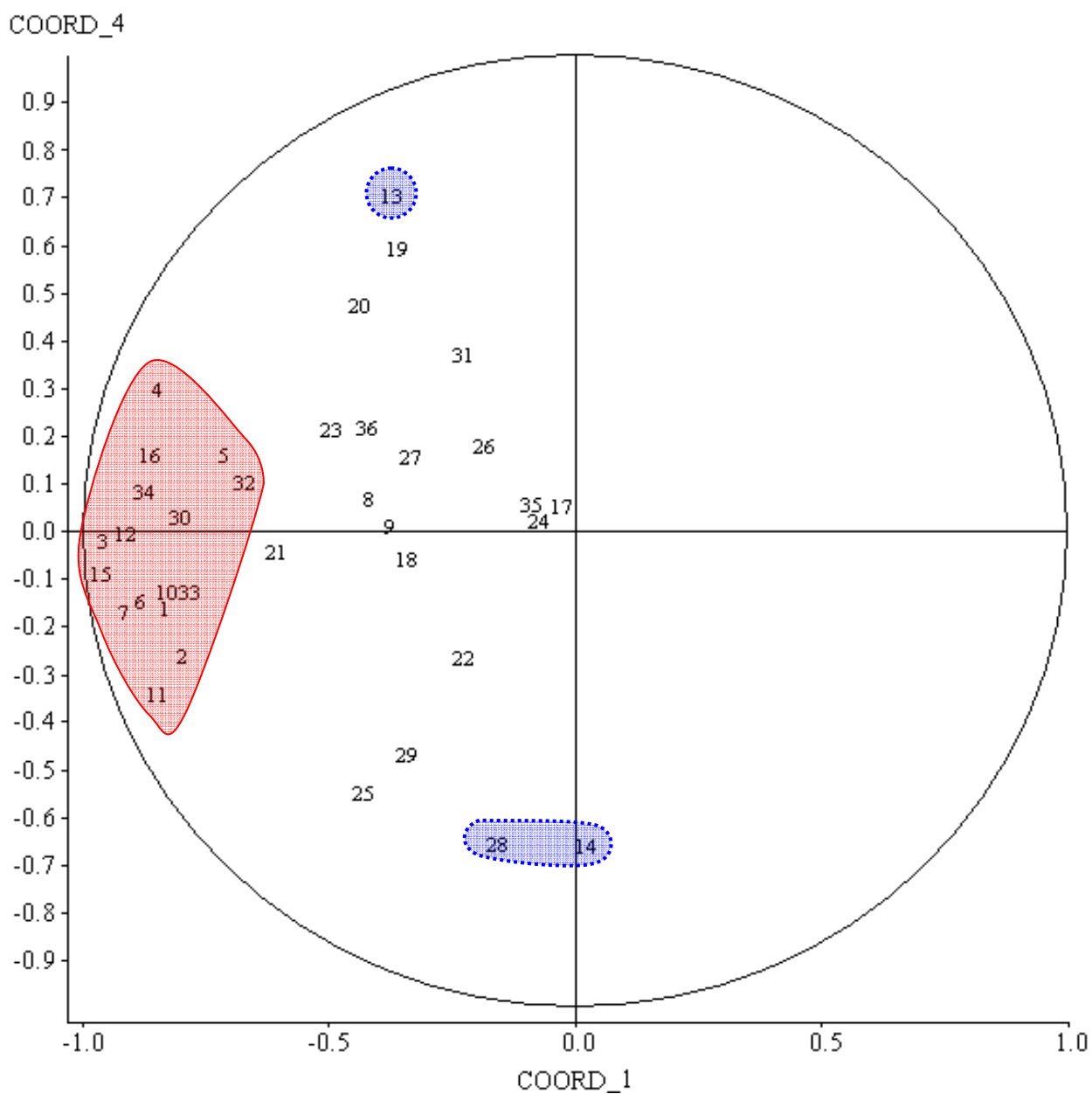


Fig14 : Représentation des Variables sur le cercle de corrélation 1-4

- **Etude des individus**

Sur le plan formé par les axes 1 et 4 les individus qui ont le \cos^2 plus élevées sont celles qui contribuent le plus à la formation des axes dont :

- Axe 1 : du côté positif Timimoun (8) et Ghardaïa (15).
- Axe 4 : la population Meggarine (10) se trouve du côté négatif de l'axe.

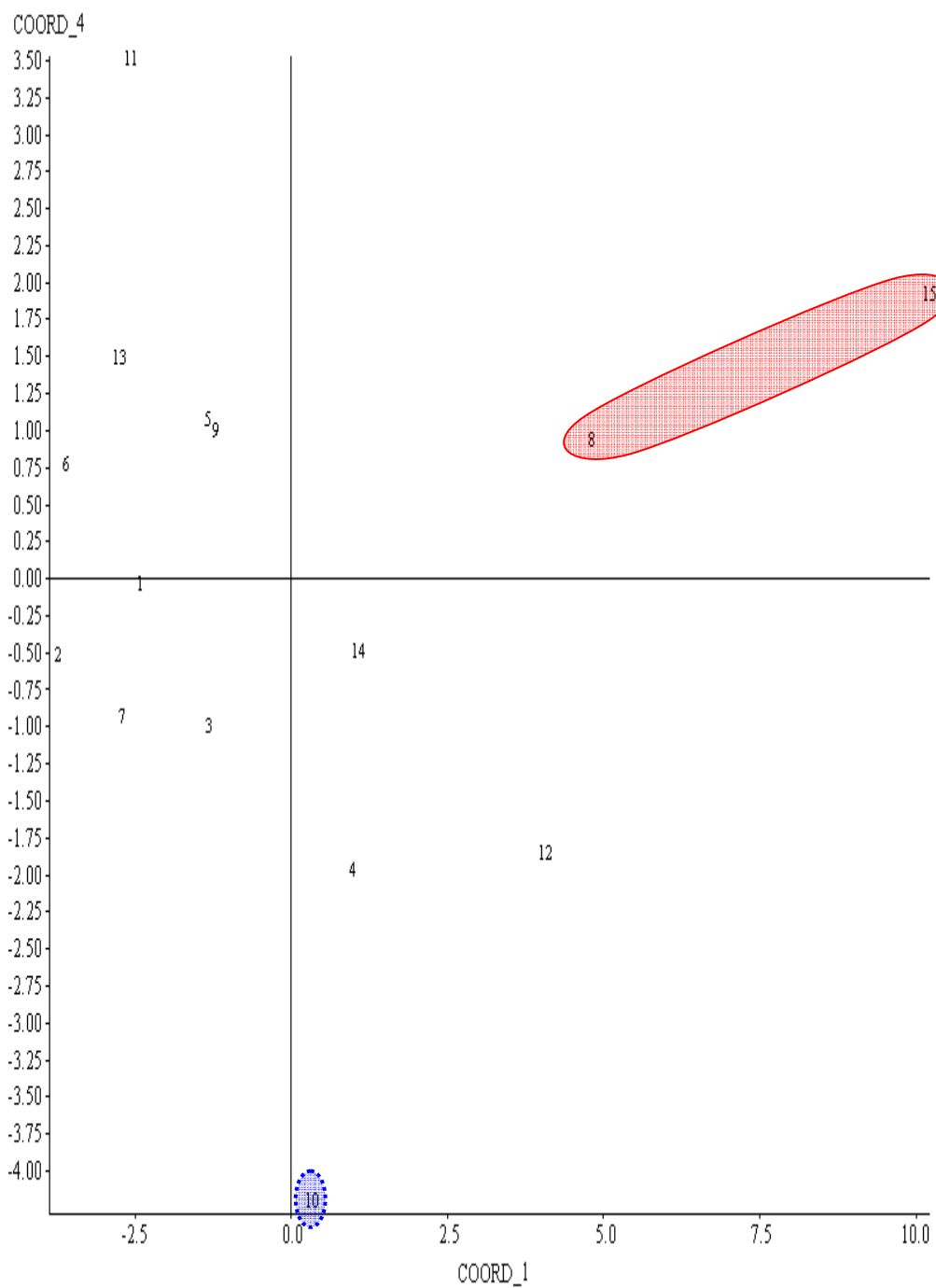


Fig 15 : Représentation des Individus sur le plan 1-4

- **Superposition des variables et les individus**

L'axe (1) est caractérisé par les variables GED (1), GER (2), GNF (3), GAF (4), GDR (5), G50 (6), G100 (7), AED (10), AER (11), ANF (12), A50 (15), A100 (10), XNF (30), XDR (32), X50 (33), et X100 (34). Les individus Temimoun (8) et Ghardaïa (15) se trouvent à droite de l'axe 1, qui ont des faibles valeurs avec ces variables.

L'axe 4 caractérisé par des variables AAF (13), ADR (14) et XED (28). L'individu du Meggarine (10) se trouve en bas de l'axe 4 qui a une faible valeur avec AAF (13) par contre le même individu à une importante valeur avec les variables ADR (14) et XED (28).

Ainsi les populations qui se dégagent de l'ensemble sont :

- Temimoun (8) et Ghardaïa (15) caractérisées par une faible valeur avec les variables GED (1), GER (2), GNF (3), GAF (4), GDR (5), G50 (6), G100 (7), AED (10), AER (11), ANF (12), A50 (15), A100 (16), XNF (30), XDR (32), X50 (33) et X100 (34).
- Meggarine (10) caractérisé par une valeur importante avec les variables ADR (14) et XED (28) et faible valeur avec le variable AAF (13).
- De plus, les autres individus : Oum Thior (1), Tebesbest (2), Sidi mahdi (3), Djamaa (4), Hassi ben Abdallah (5), Ain Choucha (6), Touggourt (7), El Meniaa (9), In Salah (11), Temacine S (12), Temacine D (13), et Guerara (14), ne représentent pas des performances qui pourraient les démarquer de l'ensemble, et ce, pour les paramètres retenus au cours de cette essai.

Etant donné que beaucoup de variables et d'individus sont restées groupées et qu'on n'arrive pas à les discriminer suite à cette analyse, nous avons procédé à une seconde analyse où les variables les plus contributives (\cos^2 élevés) ont été placés comme variables supplémentaires et ne contribuent plus aux calculs pour permettre aux autres variables de se discriminer.

- **Etude de variable**

Le plan principal est formé par les axes 1 et 2 sur lequel il y a le maximum d'information (43.029 % de l'information générale). Les variables qui ont les \cos^2 le plus élevés sont celles qui ont contribué le plus à la formation d'un axe donnée sont les plus liées à ces derniers :

4. Résultats et discussion

Les variables qui contribuent le plus à ces 2 axes sont :

- G150 (8), G200 (9), A150 (17) et X150 (35) ont contribuent le plus à la formation de l'axe 1.
- Pour l'axe 2 : N200 (27) et X200 (36).

Sur le cercle de corrélation on trouve les variables G200 (9), A150 (17) et X150 (35) sont du coté négatif de l'axe 1. Quant à le variable G150 (8) est du coté positif de la même axe. Pour l'axe 2, les deux variables N200 (27) et X200 (36) sont corrélés négativement.

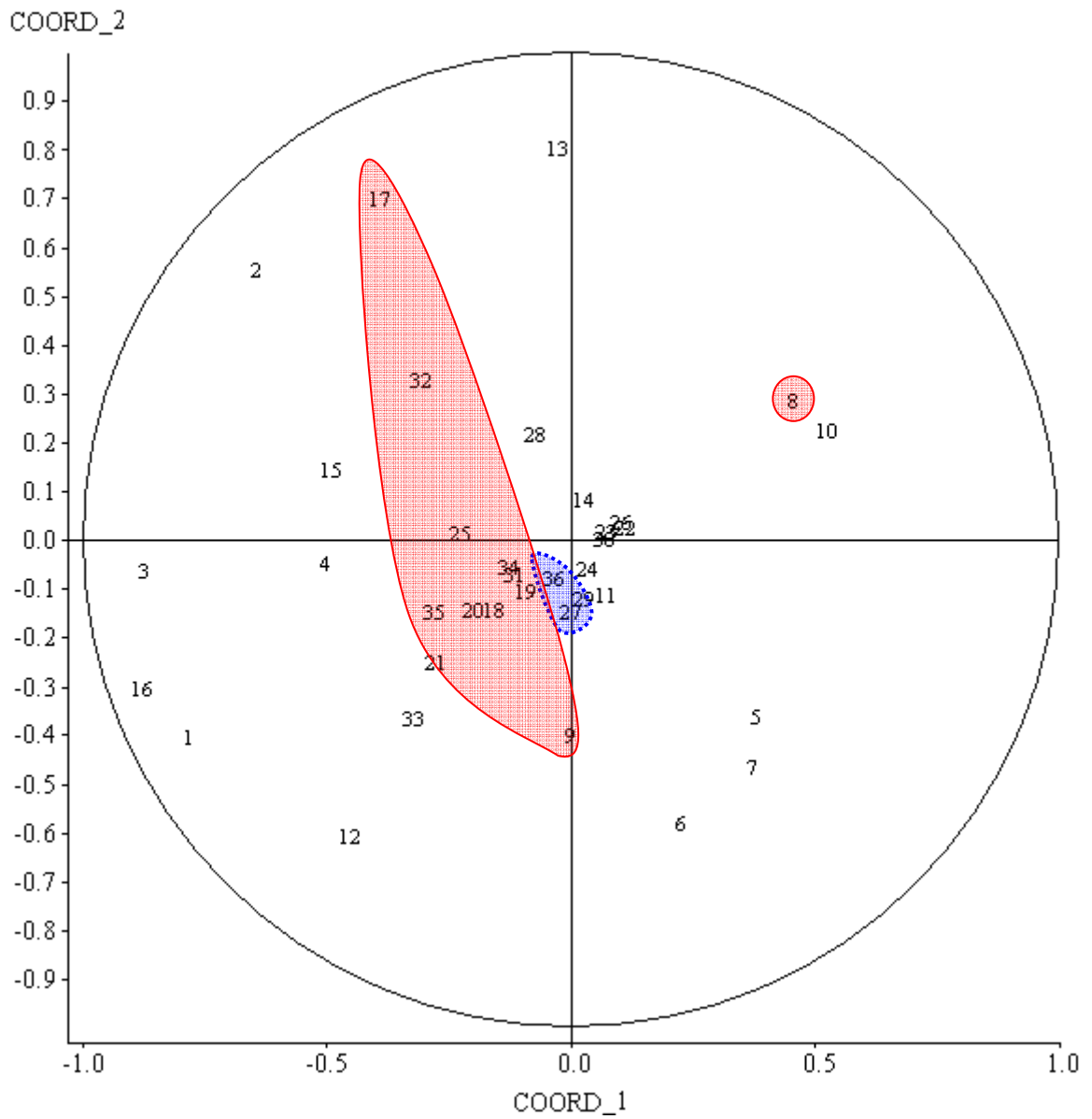


Fig 16 : Représentation des Variables sur le cercle de corrélation 1-2

- **Etude des individus**

Sur le plan formé par les axes 1 et 2 les individus qui ont le \cos^2 plus élevées sont celles qui contribuent le plus à la formation des axes dont :

- Axe 1 est caractérisé par : l'individu Temacine S (12) est du côté positif par contre les populations : Tebesbest (2), Ain Choucha (16) et Guerara (14) sont du côté négatif.
- Axe 2 est caractérisé par : la population Oum Thior (1) se trouve de côté positif de cet axe.

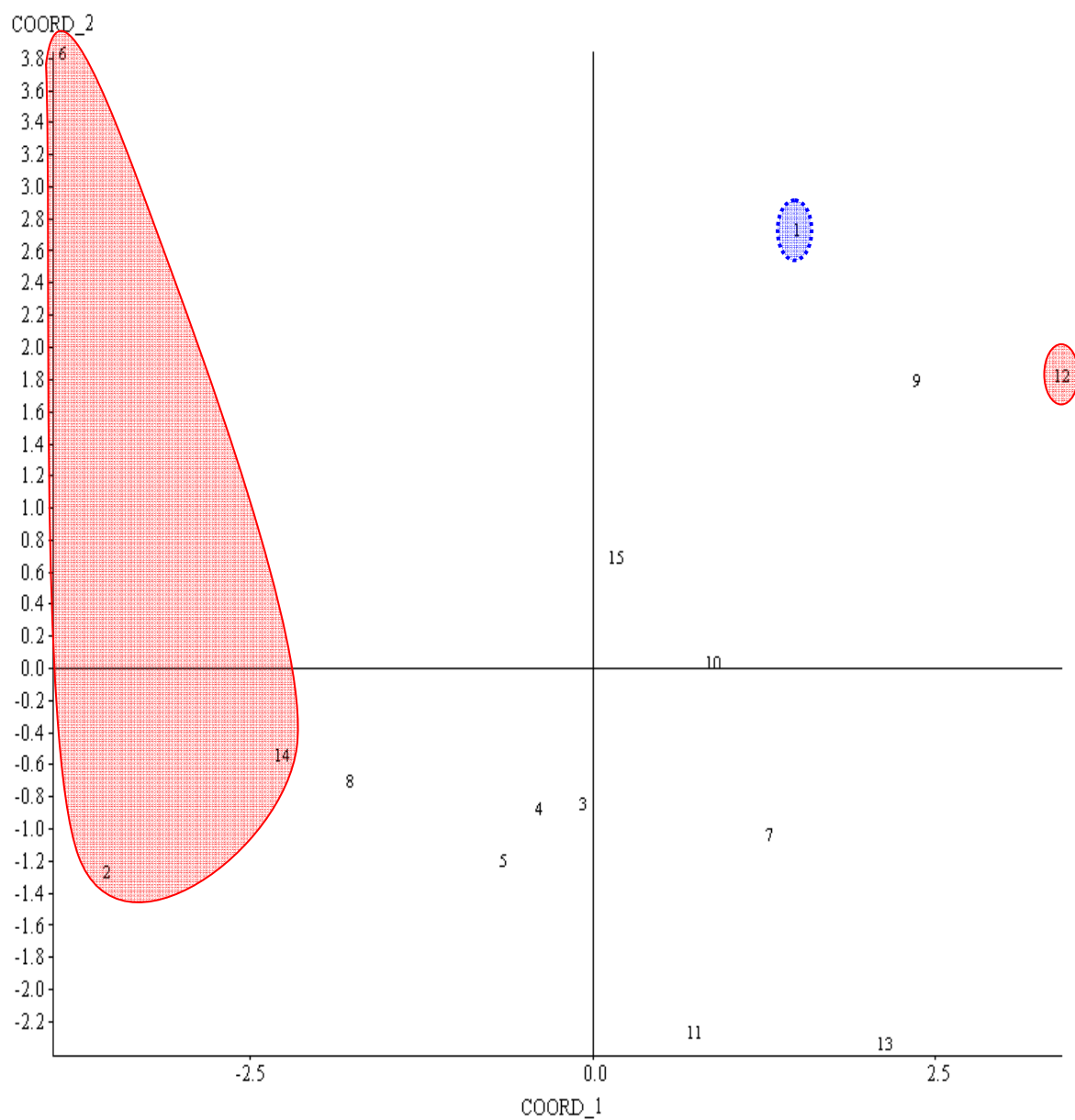


Fig 17: Représentation des Individus sur le plan 1-2

•Superposition des variables et des individus

La droite de l'axe 1 est caractérisée par le variable G150 (8) et l'individu Temacine S (12) donc cette population à une valeur importante dans la solution G150 (8), par contre les variables G200 (9), A150 (17) et X150 (35) se trouvent à gauche de l'axe donc la population Temacine S (12) à une faible valeur de ces variables. Tandis que les individus Tebesbest (2), Ain Choucha (6) et Guerara (14) se trouvent à gauche de l'axe 1 donc elles ont des valeurs élevées avec les variables G200 (9), A150 (17), et X150 (35) et une faible valeur avec le variable G150 (8).

Pour l'axe 2 caractérisé par les variables N200 (27) et X200 (36), l'individu Oum Thior (1) se trouve en haut de l'axe qui a une faible valeur de variable N200 (27) et X200 (36) qui se situé en bas de l'axe 2

Les populations qui forment l'ensemble sont :

- Oum Thior (1) caractérisée par une faible valeur des variables N200 (27) et X200, (36).
- Temacine S (12) caractérisée par une valeur importante dans la solution G150 (8) et faible valeur avec les variables G200 (9), A150 (17) et X150 (35).
- Les individus Tebesbest (2), Ain Choucha (6) et Guerara (14) caractérisés par une valeur importante des variables G200 (9), A150 (17) et X150 (35) et une faible valeur de variable G150 (8).

Les populations qui ne présentent aucun performances qui pourraient les démarquer de l'ensemble sont : Sidi mahdi (3), Djamaa (4), Hassi ben Abdallah (5), Touggourt (7), Timimoun (8), El Meniaa (9), Meggarine (10), In Salah (11), Temacine D (13), Ghardaïa (15).

4-3-4- La classification ascendante hiérarchique CAH

La méthode de classification ascendante hiérarchique CAH montre que la majorité des populations corrélées entre elles.

L'analyse de dendrogramme des populations (1, 2,3....etc.) permet de distinguer 2 groupes de familles qui sont corrélées. La famille de groupe 1 emboîtée sous les populations Timimoun (8) Temacine S (12) et Ghardaïa (15), qui présente une bonne corrélation avec les populations de famille de groupe (2), qui comporte les autres populations. Ce derniers constituent 2 sous groupes, le premier (Sidi Mahdi (3), Hassi ben Abdallah (5), Guerara (14) Meggarine (10), Djamaa, Temacine D (13), Touggourt (7), El Meniaa (9) et Oum Thior (1)) et le 2^{ème} sous groupe (In Salah (11), Tebesbest (2), et Ain Choucha (6)).

Ainsi qu'une corrélation apparaît entre le premier sous groupe et le deuxième, mais dans le deuxième sous groupe les populations sont individualisées.

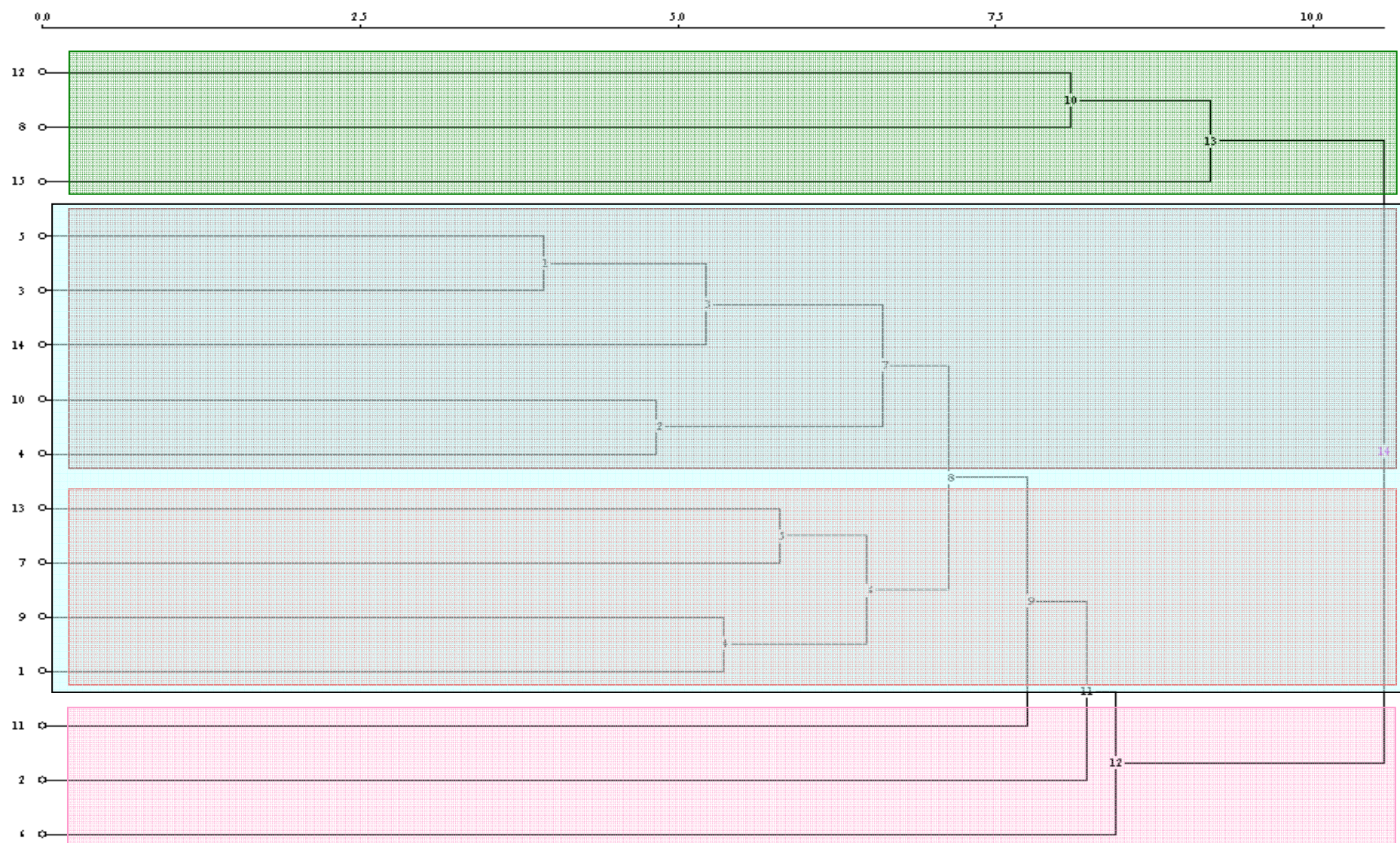


Fig18 : La classification ascendante hiérarchique (CAH)

4-4- Discussion générale

La germination et l'émergence des plantules en conditions de stress salin sont révélatrices d'un potentiel génétique de tolérance à la salinité, au moins à ce stade de développement de la plante.

L'étude effectuée au laboratoire montre un effet variable du stress salin sur le taux de germination sur l'émergence des plantules de quelque population de la luzerne, confirmant ainsi d'autres travaux (**MALLEK-MAALEJ, 1998 in BEN NACEUR et al., 2001; ALLAH, 1991 in BEN NACEUR et al., 2001 ; GARCIA-LEGAZ, 1993 in BEN NACEUR et al., 2001**) qui ont montré un effet similaire du stress salin sur la croissance de nombreuses espèces végétales

UNGAR (1991) in MOULAY et al., (2004), BELKHODJA (1992) in MOULAY et al., (2004), notent que la réaction des plantes à la salinité est très différentes, selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination ou un autre stade, Compte tenu de l'importance de cette phase dans le déroulement des stades ultérieurs du développement de toute espèce végétale notamment en zone aride (**LACHIHEB et al., 2004**), la germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés (**SHEIKH, 1986 in MOULAY et al., (2004), KHAN et al., 1997 in MOULAY et al, 2004**)

GOUSSIS (1973) in LACHIHEB (2004); BLISS et al., (1986) in LACHIHEB (2004); DORGHAM (1989) in LACHIHEB (2004),, IMAIL (1990) in LACHIHEB (2004); NEFFATI (1994) in LACHIHEB (2004) notent que la plupart des semences des halophytes atteignent leur germination maximale da **LACHIHEB (2004)** dans l'eau distillée.

Ces résultats sont conformes aux **LACHIHEB (2004)** notre qui montrent que les graines stressées de la plupart des populations germent mieux en absence ou en présence de faible concentration en NaCl ou en sels. Dès que la concentration en sels ou en NaCl augmente, une réduction des taux de graines germées se produit sous les concentrations de 150mM de NaCl, suivie par une très forte diminution par rapport au témoin de la germination chez toutes les populations pour les graines exposées à haute salinité (200mM) sauf Ain Choucha. Alors qu'à partir de niveau de concentration en sel de 17.83g/l (drain) une forte diminution s'exprime nettement pour les graines de Ghardaïa, Temimoun, Djamaa, Guerara, Sidi Mahdi, Temacine S et Temacine D ; quant aux autres populations, elles présentent une amélioration par rapport à cette concentration, mais restent toujours inférieures au témoin. Ceci est contraire aux résultats de **LAKHDARI (1986) in ASLOUM (1990)** qui stipule que la salinité mixte a un effet plus dépressif sur la croissance qu'une salinité purement chlorurée

qui abaisse la tolérance de la plante. Il semble donc difficile d'établir un critère de tolérance seulement par rapport au NaCl dans un milieu aussi particulier (ASLOUM, 1990). Il en résulte que les populations Oum Thior, El Meniaa, In Salah, Meggarine, Hassi Ben Abdallah, Tebesbest et Touggourt sont tolérantes à la salinité mixte sulfatée que la salinité purement chlorurée. Ceci paraît être logique étant donné les conditions écologiques du milieu d'origine de ces populations qui sont issus d'un milieu salé mixte.

ASLOUM (1990), note que la croissance des plantes diminue essentiellement en fonction de la concentration en NaCl du milieu nutritif et plus rarement en fonction de la concentration en sulfates, en calcium et en magnésium.

LEMEE (1978), signale que les effets de la salinité varient suivant le stade du développement et généralement, la tolérance à celle-ci augmente depuis la germination jusqu'à la fructification. Un tel résultat montre qu'il est difficile de relier la tolérance à la salinité au moment de la germination à sa tolérance au stade plante adulte (LACHIHEB, 2004) mais les résultats du test de germination ne peuvent être extrapolés à des stades ultérieurs des végétaux. En effet, ASKRI (2004), note que MAAS et POSS in MAAS (1989), MAAS et GATTA in MAAS (1989), signalent que la plupart des plantes sont plus tolérantes au sel à la germination qu'à l'émergence et qu'aux premiers stades de croissance.

Dans ce contexte, ASLOUM (1990), signale que certains chercheurs ont noté que la réduction de la croissance, sous l'effet du stress salin, peut avoir lieu sans signes de toxicité (LEVY et al., 1999 in ATMANE ROCHDI et al., 2005) ; alors que la plupart des auteurs suggèrent que la réduction de la croissance est imputable en grande partie à la pression osmotique. Pour KRAMER (1969) in ATMANE ROCHDI et al., 2005, la réduction de la croissance des plants sous des conditions salines est plus liée à l'absorption de niveaux anormaux de sels plutôt qu'à l'absorption réduite en eau. HETMANN (1960) in ATMANE ROCHDI et al., 2005 constate également que les dégâts occasionnés par la salinité sont dus aux déséquilibres des rapports ioniques et non pas au surcroît de pression osmotique.

ASLOUM, 1990 signale que les plants absorbent des ions des solutions salines à des degrés divers, ce qui entraîne une accumulation particulière d'ions et/ou une diminution d'absorption d'éléments nutritifs essentiels.

Nos résultats montrent un effet dépressif du sel sur les différents paramètres de croissance et concordent avec ceux de Allah (ALLAH, 1991 in BEN NACEUR, 2001) qui a montré, lui aussi, que la croissance des tiges, des feuilles et des racines est significativement diminuée quand la salinité dépasse 4 g/l. Ils confirment ceux de HOUCHI et COUDRET 1994 in BEN NACEUR et al., 2001) qui ont montré la supériorité des variétés marocaines

Nesma et Achtar sur d'autres variétés céréalières. L'action du sel, dans notre travail, est d'autant plus marquée que la concentration saline est élevée, confortant ainsi les résultats d'autres auteurs(**ALLAGUI et al.,1997 in BEN NACEUR , 2001**)

Ces résultats sont semblables à nos résultats concernant l'émergence de la plantule de toutes les populations étudiées. Il apparaît dans notre travail que l'apparition des feuilles et l'élongation de la tigelle sont influencées par la présence de sels dans la solution d'imbibition. Ces trois paramètres n'ont pas été fortement influencés par des basses concentrations en sels et en NaCl. Le plus faible taux d'apparitions des feuilles a été obtenu à partir de 150mM de NaCl sauf les populations Tebesbest, Ain Choucha, Guerara, qui n'ont pas été influencées par ces concentrations, et l'élongation de la tigelle à été influencée chez la majorité des populations à partir de 100mM de NaCl.

A noter que **ASKRI et al., (2007)** signalent que l'étude de la germination sous contrainte saline ne paraît pas suffisante pour détecter des génotypes tolérants au sel. Il serait important de compléter par des travaux aux stades de croissance et de fructification.

Conclusion

Conclusion

Dans le monde, la salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes, entraînant des pertes importantes dans l'agriculture irriguée. En plus du déséquilibre de la balance minérale et de toxicité de certains ions, la salinité provoque, suite à l'augmentation de la pression osmotique, une diminution de l'absorption phénomène qui se traduit par un stress.

Notre objectif principal est donc l'étude de l'effet de différentes concentrations de salinités purement chlorurée et mixte (sulfatée) sur la germination et l'émergence des plantules de quelques populations sahariennes locales de la luzerne et d'observer le seuil de tolérance de cette espèce à ces niveaux de salinité.

A la lumière des résultats obtenus, on peut dire que notre essai a permis de ressortir :

- Les majorités des populations atteignent leur germination maximale et leur taux d'apparition des feuilles aussi maximale et la longueur minimale de la tigelle élevée en absence de sel dans la solution d'imbibition ;
- La plupart des populations sont plus tolérantes aux sels et au NaCl à la germination qu'à l'émergence et qu'aux premiers stades de croissance ;
- La réponse au stress salin se diffère d'une population à une autre ;
- La présence des quantités élevées de sel soit mixte ou purement chlorurée provoqué une réduction sévère des les 04 paramètres étudiées ;
- Les solutions 50 mM, 100 mM, eau de nouveau forage, l'eau de robinet et l'eau d'ancien forage sont tolérées par la majorité des populations s'il y a une diminution, on peut la négligé ;
- Le seuil de tolérance à la salinité dépend de la population et la phase de croissance ;
- Les concentrations de 200 mM et l'eau du drain ne sont pas tolérées par la majorité des populations ;

En prenant en considération tous les résultats obtenus pour les différents paramètres, l'ACP et la CAH nous permettons de déceler trois groupes de populations en fonction de leurs réponses aux différents stress :

Groupe 1 : In Salah, Tebesbest et Ain Choucha comme des populations particulièrement tolérantes au sel ;

Groupe 2 : Sidi Mahdi, Hassi ben Abdallah, Guerara, Meggarine, Djamaa, Temacine D, Touggourt, EL Meniaa et Oum Thior comme des populations moyennement tolérantes ;

Groupe 3 : Timimoun, Temacine S et Ghardaïa comme des populations sensibles.

Donc, on peut dire qu'en phase germinative les 12 populations (In Salah, Tebesbest , Ain Choucha Sidi Mahdi, Hassi ben Abdallah, Guerara, Meggarine, Djamaa, Temacine D, Touggourt, EL Meniaa et Oum Thior) peuvent être considérés comme tolérante à la salinité mais il y a lieu de signaler que ce classement de la plante car il a été démontré qu'une espèce peut être sensible à une stade et tolérante à une autre et que la mécanisme de tolérance nécessite une réelle adaptation des majeurs parties de la plante ou bien de leur tissus si non de leurs cellules.

Ces résultats préliminaires sont des marqueurs intéressants pour élucider davantage la relation stress salin sur le comportement des grains d'autres populations de luzerne. Cela permettra d'élaborer une classification des seuils de tolérance à la salinité, critère important dans le choix des populations à retenir dans un programme de mise en valeur des zones arides.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. ASKRI, H ; REJEB, S ; JEBARI, H ; NAHDI, H ; REJEB, MN ; 2007 "Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèques (*Citrullus lanatus* L)", Sécheresse, JLE, 18 (1), 51-5.
2. ASLOUM, H ; 1990 "Elaborations d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions Sahariennes, utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres" thèse, doc, Université de Nice, pp. 59, 63-64.
3. ATMANE ROCHDI, J ; LEMSELLEK, A ; BOUSARHAL ADBELLATIF RACHIDAI : 2005 "Evaluation sous serre de tolérance à la salinité de quelque porte. Greffes d'agrumes : *Citrus auratutum* et deux hybrides de *poncius trifolata* (*Poncius X citrus sinesnsis* et *poncirus X Mandarinier sunki* *Biotechnol. Agro Soc. Environ.* 9(1) 65-73.
4. BELKHADODJA, M; 2002" Comportement métabolique de génotype de fèves (*Vicia faba*) sous stress salin" Séminaire national sur les légumineuses alimentaire, Ministre de l'agriculture, p130.
5. BELKHODJA, M ; BIDAI, Y; 2004 "Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de germination "sécheresse 15 (4) pp 31-05
6. BEN NACEUR, M ; RAHMOUNE, C; SDIRI, H; MEDDAHI, ML; SELMI, M; 2001 "Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé". Sécheresse. V12, N3, pp167-74.
7. BENNABI, F; 2005 "Métabolismes glucidiques et azoté chez une halophyte (*Atriplex hailmus* L) STRESSEE A LA SALINITE" Thèse Magister Univ. SENIA Oran. pp.7, 9.
8. BERTHOMIEU, P; CONEJERO, G; NUBLAT, A; BRACKENBURY, W.J; LAMBERT, C; UOZUMI, N ; OIKI, S ; YAMADA, K; CELLIER, F; GOSTI, F; SIMONNEAU, T; ESSAH P.A; TESTER, M; VERY A-A; SENTENAC, H; CQSSE, F; 2003 "function analysis of *athkt1* in *Arabidopsis* shows that Na+

recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance" *Embo Journal* 22,2004-2014.

9. BRUN, A ; 1980 "Effets compares de différences de concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes annuelles d'Algerie"Thèse doctorat 3^{eme} cycle. Montpellier.
10. CHAABENA, A; 2001 "Situation des cultures fourragères dans le Sud- Est septentrional du Sahara Algérien et caractérisations de quelques variétés introduites et populations sahariennes de luzerne cultivée" Mém. Magister INA El-Harrach. p53.
11. COUTURE, I ; 2004 " Analyse d'eau pour fin d'irrigation" Agrivison 8P.
12. CRAAQ; 2003 " Guide de production des annuelles en caissettes "13p.
13. DADDI BOUHOUN, M; 1997" Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région Saharienne. Cas de M'Zab" Thèse Magister, INA Alger, 174 p.
14. DAOUD et HALITIM; 1994 "Irrigation et salinisations au Sahara Algérien" Sécheresse (3) p155-160.
15. DUBOST, D; 2002 " Ecologie, Aménagement et développement Agricole des Oasis Algériennes" Ed 2002, Le Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les régions Arides, p243.
16. DURAND, JH ; 1958 "Les sols irrigables" Etude pédologiques. Ed. Imbest. Alger 190p.
17. DURAND, JH.; 1983 " Les sols irrigables" Etude pédologique. Ed, Imprimerie BOUDIN Paris, 339p.
18. FOURY, A ; 1954 " Les légumineuse fourragères au Maroc" Service de recherche Agronomiques, p9.
19. HADDAD, M ; BOUKRIS, M ; MOUGOU, A ; 2004 " Irrigation de la luzerne par les eaux géothermiques drainées par les serres cultivées en hors sol au sud de la Tunisie" Cahiers option Medéteranién; V62 CIHEAM. IAMZ, 217 – 221 P.
20. HERNANDEZ, S; 1997 "Mécanisme physiologique et métabolique de la résistance à la contrainte saline chez les végétaux supérieures" rapport bibliographique Université de RENNES p1.

21. HIRECHE, Y; 2006 " Réponse de la luzerne (*Medicago. Sativa. L*) au stress Hydrique et à la profondeur de semis" Mém Magistère Batna p6. p14. p15.
22. KANFAOUI, A ; 1997 "La salinité des eaux d'irrigation"ENGREF . Montpellier.
23. KEIFFER, CH; UNGAR, IA; 1995"Germination responses of halophytes seeds exposed to prolonged hyper saline conditions" In KHANIA eds. Biology of salt tolérant plants. Karachi.
24. LACHIHEB, K ; NEFFATI, M ; ZID, E ; 2004 " Aptitude germinative de certaines graminées halophyte spontanées de la tunisien méridionale".
25. LE HOUEROUHN., 1992 "The role of salt bashes (*Atriplex spp*). In arid land rehabilitation in the Mediterranean basin: A review Agro forestry systems A: review Agro forestry systems, 18. P, 107-148.
26. LEMEE, G; 1978 " Précis d'écologie végétal" Imprimerie Juve Paris. p 134.
27. LEVIGNERON, A ; LOPEZ, F ; VANSYTE, G ; BERTHOMIEU, P ; FOURRCROY, P ; CASSE- DELBART, F ; 1995 "Les plants face au stress salin" Cahiers Agricultures, 4. p263- 273.
28. MATHIEU, M ; 2003 "Luzerne culture, récolte, conservation, utilisation"Ed. France Agricole, 240 p.
29. MEZNI, M; ALBOUCHI, A; BIZID, E; HAMZA, M; 2002 "Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*)", Agronomie n° 22, pp 283-291.
30. OMEIRI, N ; 1994"Contribution à l'étude de la dynamique saisonnière des sel solubles dans la cuvette de Ouargla"Mem,Ing, I,N,F,S,A,S,Ouargla,72 p
31. PREVOST, P; 1999 " Les bases de l'agriculture" 2eme ED TEC et DOC Paris, p
32. REJILI; NEFFATI, N; MOUHAMMED VADEL, H ; 2006 "Comportement germinatifs de deux population de *lotus creticus. L* en présence du NaCl" Revue des Région Arides n° 17 page 65.75.
33. RENTSCH, D; HIRNER, B; SCHMELZER,;E and FROMMER, W, 1996"Salt stress induced proline transporters and salt stress-repressed broad specificity amino acid permease-targeting mutant "Plant Cell.

34. RODIER, J; 1984 " Les analyses de l'eau naturelles eaux résiduaires eau de mer chimie physicochimie, bactériologie, biologie" 7eme Edition Ed. PORDAR Paris 1353p.
35. ROSEMA, J; 1996 "Biologiy of halophytes. Halophytes and biosaline agriculture" CHOKRALLAH, R HAMDY, and MALCOM, C.V.
36. UNGAR, IA; 1978 "Halophytes seed germination "Bot .Rev.
37. UNGAR, IA; 1996 "Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae) "AmJ.Bot.1996.
38. USSL; 1954 "Diagnostic and improvement of saline and Alkalin soils", USAD Hand book, N°60, 160p.
39. ZID, E ; 1982 "Relations hydriques dans la feuille de *citrus aurantium* : effets de l'age et de la salinité".Rev. FAC. Sc. Tunis.

Site électronique :

<http://pédagogie:ac-aix-marseille.fr/etablis/lycees/thiers/tipe/dieumegarde/page-14.htm>

40.

Annexes

Annexe I



Photo 1: Réalisation de l'essai



Photos 2: Germination des semences

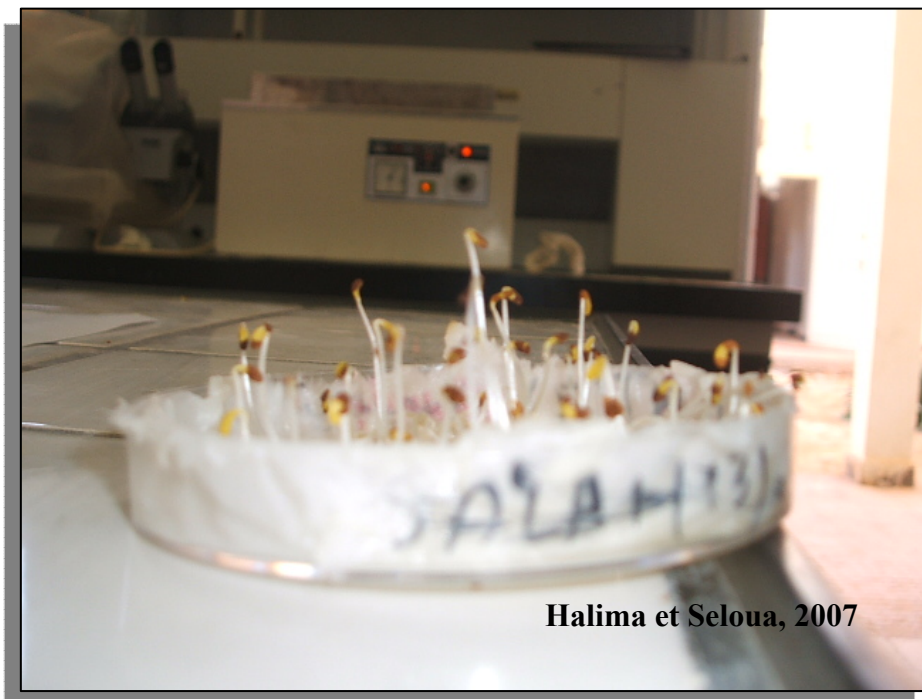


Photo 3: Apparition des feuilles

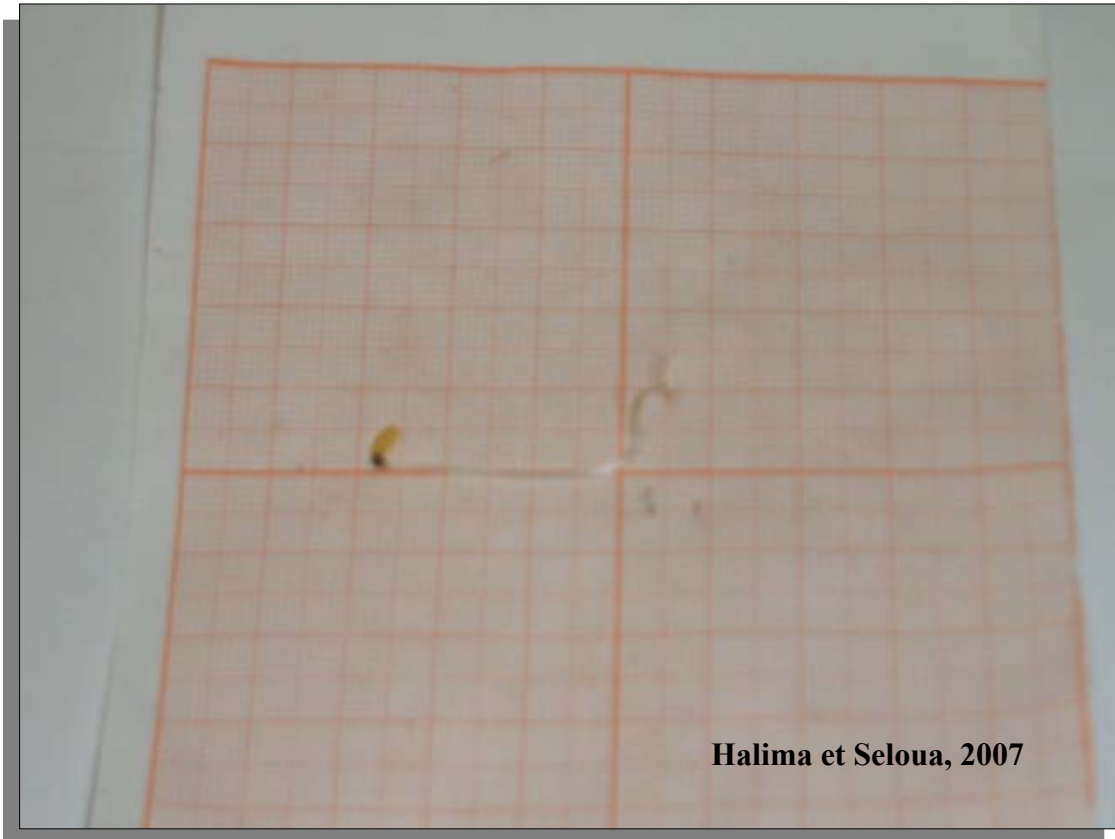


Photo 4: Méthode du mesure de la longueur de tigelle

Annexe 2

Glossaire

* **ACP** : (Analyse en composante principale)

Méthodes statistique essentiellement descriptive son objectif est de présenter, sous une forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données.

* **Anion** :

Atome ou radical porteur d'une charge électrique négative suite à l'annexion d'un ou plusieurs électrons supplémentaires.

* **Carbonate** :

Sel résultant de la combinaison d'une base avec l'acide carbonique, et caractérise par l'anion CO_3^{--}

* **Cation** :

Atome ou radical porteur d'une charge électrique positive par suite de la perte d'un ou plusieurs électrons.

* **CE** : (**conductivité électrique**)

Propriétés qu'a un milieu de transmettre un courant électrique

* **Ecotype** :

Population présentant des caractères particuliers résultant de la sélection naturelle exercée par les facteurs liés à un habitat déterminé, et la différenciant des autres populations de la même espèce

* **Espèce** :

Groupe naturel d'individus qui présentent des caractères morphologiques, physiologiques et chromosomiques assez semblables et qui peuvent pratiquement (Ou théoriquement) se croise

* **Faculté germinative** :

Pour un lot de graines d'une espèce donnée, du pourcentage de graines germées en conditions normalisés, notamment dans un temps donné.

* **Germination** :

Phénomène caractérisant le passage d'une graine d'un état de vie ralentie à un état de croissance

* **Halophyte** :

Plante vivant exclusivement ou préférentiellement dans les milieux salés

* **Légumineuse** :

Ordre de plantes à fleurs, comprenant environ 13000 espèces réparties dans le monde.

* **Luzerne** :

Légumineuse vivace, cultivée essentiellement pour la production de fourrage, en culture pure où en mélange.

* **pH** :

Indicateur de la concentration des ions hydrogènes dans un milieu

* **Population** :

Une population est l'ensemble des individus de même espèce vivant sur un territoire donné

***Productivité :**

Capacité de production d'une espèce ou d'une variété dans un milieu donné lorsque les conditions optimales de culture sont réunies

*** Proline :**

Acide aminé s'accumule chez les plantes exposées aux stress hydrique, au froid, et ou salin.

*** Résidus sec :**

Matières sèches qui reste après une opération physique.

***Résistance :**

Propriété qui possèdent certains organismes de réagir à un parasite à un produit, à un facteur climatique, etc....de manière à s'en protéger

*** Salinité :**

Qualité de ce qui contient d'un liquide en matières salines

*** SAR :**

Sigle désignant le "Sodium Adsorption Ratio" et exprimées en meq de sodium, calcium et magnésium de l'extrait saturé d'un sol ou d'un échantillon

*** Sécheresse :**

Déficit hydrique par rapport à un état normal ou maximal

*** Sel :**

Composé qui résulte de l'action d'un acide ou oxyde acide sur une base ou un oxyde basique

*** Sels solubles :**

Quantités totales des sels extraire par dilution ou par saturation d'eau

*** Stress :**

Un choc, une agression, une commotion, une perturbation, ou de maladies sans perte de vigueur ou sans réduction de récolte.

*** Tigelle :**

Partie de l'embryon des plantes supérieures comprise entre la radicule et le (s) cotylédons (s).

*** Toxicité :**

Caractère ce qui toxique.

*** Toxique :**

Une substance qui provoque après la pénétration dans l'organisme des troubles d'une ou de plusieurs fonction physiologiques.

*** Variété :**

Sous groupe d'une espèce donné, qui a des caractéristiques spécifiques

Table des matières

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| 1- Qualité des eaux d'irrigation aux Sahara | |
| 1-1- Problème liés à la qualité de l'eau | 5 |
| 1-2- Critère d'évaluation des eaux d'irrigation | 5 |
| 1-2-1-La salinité, (contenu total en sels solubles) | 6 |
| 1-2-2- Le sodium | 6 |
| 1-2-3- Dureté | 7 |
| 1-2-4- Eléments toxiques | 7 |
| 1-2-5- pH de l'eau d'irrigation | 8 |
| 1-3- Classification des eaux d'irrigation | 8 |
| 1-3-1- La salinité de l'eau | 8 |
| 1-3-2- L'alcalinité du sol | 8 |
| 2- Relation eau - sol – plante | |
| 2-1- Rôle de l'eau et les sels minéraux dans la plante | 11 |
| 2-2- Les plantes vis-à-vis de la salinité | 11 |
| 2-2-1- Les halophytes | 11 |
| 2-2-1-1- Définition des halophytes | 12 |
| 2-2-1-2- Classification des halophytes | 12 |
| 2-2-1-3- Résistance au sel | 12 |
| 2-2-2- Les glycophytes | 13 |
| 2-3- Effet de la salinité sur les végétaux | 13 |
| 2-3-1- Effet de la salinité sur la germination | 14 |
| 2-3-2- Effet de la salinité sur la croissance et le développement | 15 |
| 2-4- Mécanisme d'adaptation et de tolérance des plantes au sel : | 16 |
| 2-4-1- L'exclusion | 16 |
| 2-4-2- L'inclusion | 16 |
| 2-4-3- Accumulation de la proline | 16 |
| 3- Matériels et Méthodes | |
| 3-1 Matériels utilisés | 19 |
| 3-1-1- Matériel végétal | 19 |
| 3-1-2- Solutions utilisées pour les testes | 20 |
| 3-1-3- Autres matériels | 21 |
| 3-2- Techniques et méthodes de travail | 21 |
| 3-2-1- Méthode d'analyse des eaux | 21 |
| 3-2-2- Méthode de préparation des solutions | 22 |
| 3-3- Réalisation de l'essai | 22 |
| 3-3-1- Les paramètres mesurés | 22 |
| 3-3-1-1- Faculté germinative | 22 |
| 3-3-1-2- Apparition des feuilles | 22 |
| 3-3-1-3- La longueur de tige | 23 |
| 3-4- Analyse statistique des résultats | 23 |
| 3-4-1- Analyse en Composante Principale (ACP) | 23 |
| 3-4-2- Classification Hiérarchique Ascendante CAH | 23 |
| 4- Résultats et discussion | |
| 4-1- Caractérisation des eaux d'irrigation retenues dans le test | 25 |
| 4-1-1- Conductivité électrique | 25 |

| | |
|--|----|
| 4-1-2- pH | 26 |
| 4-1-3- Résidus secs | 26 |
| 4-1-4- Le faciès chimique | 27 |
| 4-2- Caractérisation des solutions préparées | 28 |
| 4-2-1- Conductivité électrique | 28 |
| 4-2-2- pH | 29 |
| 4-3- Analyse des résultats | 29 |
| 4-3-1-Influence du stress salin | 29 |
| 4-3-1-1-Action sur les paramètres étudiés | 29 |
| 4-3-1-1-1-Le taux de germination | 30 |
| 4-3-1-2-L'apparition des feuilles | 34 |
| 4-3-1-3-La longueur maximale de la tige | 37 |
| 4-3-1-4-la longueur minimale de tige | 40 |
| 4-3-2- Analyse en composantes principales | 43 |
| 4-3-4- la classification ascendante hiérarchique CAH | 52 |
| 4-4- Discussions générale | 55 |
| Conclusion | 59 |
| Références bibliographiques | 62 |
| Annexe | |

Résumé

Notre travail a été consacré à l'étude de l'effet du stress salin sur la productivité (aux premiers stades de la vie de la plante qui sont les plus déterminants) de populations sahariennes locales de la luzerne (*Medicago sativa* L.). Dans le but de déterminer les limites de tolérance de seize populations sahariennes locales de cette espèce et d'étudier l'influence de la salinité sur le pourcentage de germination, le taux d'apparition des feuilles et la longueur minimale et maximale de tige.

Pour ce, en plus du témoin (eau distillée), quatre concentrations en NaCl (50, 100, 150 et 200 mM) ont été retenues avec quatre eaux d'irrigations (eaux du robinet, de deux forages et de drain)

Les résultats de l'essai montrent que le seuil de tolérance à la salinité dépend de la population et de la phase de croissance.

Aussi, c'est à partir de 200 mM de NaCl l'eau du drain toutes les populations voient leurs taux de germination chuter considérablement alors que c'est vers 150 mM de NaCl que l'effet se remarque pour les autres paramètres.

Aussi, nous avons relevé que la salinité purement chlorurée (NaCl) a un effet plus dépressif qu'une salinité mixte (sulfatée) contrairement à la littérature.

En prenant en considération tous les résultats obtenus pour les différents paramètres, l'ACP et la CAH nous permettent de déceler trois groupes de populations en fonction de leurs réponses aux différents stress :

- **Groupe 1 (tolérantes)** : In Salah, Tebesbest et Ain Choucha.
- **Groupe 2 (moyennement tolérantes)** : Sidi Mahdi, Hassi ben Abdallah, Guerara, Meggarine, Djamaa, Temacine D, Touggourt, El Meniaa et Oum Thior
- **Groupe 3 (sensibles)** : Timimoun, Temacine S et Ghardaïa.

Mots clés : *Medicago sativa*, Stress salin, Population Saharienne, Germination, Irrigation.

Abstract

Effects of the saline stress on the productivity of Saharan populations of alfalfa (*Medicago sativa* L.)

Our work has been dedicated to the survey of the effect of the saline stress on the productivity (to the first stages of the life of the plant that are the determining) of local populations of the Sahara of the alfalfa (*Medicago sativa* L.). In the goal to determine the limits of tolerance of sixteen local populations of the Sahara of this species and to study the influence of the saltiness on the percentage, the rate of apparition of the leaves and the minimal and maximal length of little stem.

For that, in addition to the witness (water distilled), four concentrations in NaCl (50, 100, 150 and 200 mM) have been kept with four waters of irrigations (waters of the faucet, two borings and drain)

The results of the test show that the doorstep of tolerance to the saltiness depends on the population and the phase of growth.

Also, it is from 200 mM of NaCl that all populations see their rates of germination falling considerably whereas it is toward 150 mM of NaCl that the effect notices itself for the other parameters.

Also, we raised that the merely chlorinated (NaCl) saltiness has a more depressive effect than a mixed saltiness (supplanted) contrary to the literature.

While taking in consideration all results gotten for the different parameters, the Analysis in Main Components (AMC) and the Hierarchical Ascending Classification (HAC) allow us to discover three groups of populations according to their answers to the different stress:

- **Group 1 (tolerate)** In Salah, Tebesbest and Ain Choucha.
- **Group 2 (fairly tolerant)**: Sidi Mahdi, Hassi Ben Abdallah, Guerara, Meggarine, Djamaa, Temacine D, Touggourt, El Meniaa and Oum Thior
- **Group 3 (sensitive)**: Timimoun, Temacine S and Ghardaïa.

Key words: *Medicago sativa*, Saline stress, Population of the Sahara, Germination, Irrigation.

المخلص

(*Medicago sativa* L.)

(

)

16

(*Medicago sativa* L)

)

(

200 150 100 50)

(

150

200

:

CAH ACP

:1 <

:2 <

:3 <

200

: