



## **Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties)**

**M. Mrani Alaoui<sup>1\*</sup>, L. El Jourmi<sup>1</sup>, A. Ouarzane<sup>1</sup>, S. Lazar<sup>1</sup>, S. El Antri<sup>1</sup>,  
M. Zahouily<sup>2</sup>, A. Hmyene<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratoire de Biochimie, Environnement & Agroalimentaire, URAC 36, FST, Université Hassan II Mohammedia-Casablanca, BP 146, 20650 Mohammedia, Maroc*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Catalyse, Chimimétrie & Environnement, URAC 24, FST, Université Hassan II Mohammedia-Casablanca, BP 146, 20650 Mohammedia, Maroc*

Received 20 May 2013; Revised 8 July 2013, accepted 8 July 2013

\*Corresponding authors: [mrانياlaoui.meryem@gmail.com](mailto:mrانياlaoui.meryem@gmail.com)/[hmyeneaziz2002@yahoo.fr](mailto:hmyeneaziz2002@yahoo.fr); Fax: +212 523 31 53 53

### **Summary**

The present work intends to compare the behavior of six wheat varieties grown in Morocco, under the effect of salt stress at germination stage. The study was carried out in a growth chamber whose temperature and photoperiod are controlled. The seeds are germinated in Petri dishes containing increasing concentrations of salt (NaCl) from 0 g / L to 15 g / L. The study showed that the salt has a depressive effect on the germination and growth of seedling. However, this effect varies with the intensity of stress and variety. Achtar variety proved to be the most tolerant to salt stress with a germination rate of 46.38% in the most severe condition of stress (15 g / L), while Toumouh variety proved the least tolerant with a germination rate of 3.80% under the same stress.

*Key words:* Wheat, Salt stress, Germination, NaCl.

### **Résumé**

Le présent travail se propose d'étudier l'effet du stress salin au stade de germination sur le comportement physiologique de six variétés de blé cultivées au Maroc. L'étude a été réalisée dans une chambre de culture à température et à photopériode contrôlées. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri contenant des concentrations croissantes en sel (NaCl) allant de 0 g/L à 15 g/L. L'étude a montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination et de la croissance biologique de la plantule. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question. La variété Achtar s'est montrée la plus tolérante au stress salin avec un taux de germination de 46,38 % en condition de stress les plus sévères (15 g/L), alors que la variété Toumouh s'est montré la moins tolérante avec un taux de germination de 3,80% sous le même stress.

*Mots Clés:* Blé, stress salin, Germination, NaCl.

### **Introduction**

Les terres, sous climats arides et semi arides, représentent un tiers de la surface du globe [1]. Ces écosystèmes sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations [2,3] associés à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol [4] Ce qui explique la qualité médiocre (saumâtres) des ressources hydriques disponibles dans ces zones [5]. Au Maroc, la salinisation des sols prend des dimensions alarmantes en réduisant les terres cultivables et menaçant la sécurité alimentaire du royaume [6]. Ce problème de salinité s'accroît avec l'augmentation des surfaces irriguées qui ont passé de 54 500 ha en 1954 à plus de 1 million d'hectare actuellement [7]. La tolérance à la présence des sels tel que le chlorure de sodium, est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces régions. La réponse des espèces végétales au sel dépend de leurs génotypes, de la concentration en sel, des conditions de

culture et du stade de développement de la plante [8]. Le blé est généralement considéré comme relativement plus tolérant au sel [9], par comparaison à l'orge [10,11] et au triticale [12].

Vue l'importance de la phase germinative des semences dans le déroulement des stades ultérieurs du développement et croissance des plantes notamment en zone aride, une étude sur six variétés marocaines de blé a été faite en les soumettant à des concentrations croissantes en NaCl, afin d'observer leur comportement germinatif et leur croissance vis-à-vis de ce stress.

## **Matériels et méthodes**

### *1- Matériel végétal*

La présente étude a porté sur six variétés de blé marocaines fournies par l'Institut National des Recherches Agronomiques de Rabat (INRA). Ces variétés sont Karim, Toumouh, Oum Rabia, Amal, Achtar et Arrehane.

### *2- Caractéristiques des variétés étudiées*

- **Karim (Variété inscrite au catalogue officiel en 1985) :**  
Variété de blé dur, d'une hauteur moyenne de 90 cm et une précocité moyenne, adaptée aux zones bours favorables et aux zones irriguées. Elle résiste à la verse, à l'oïdium, elle tolère la rouille brune et la séptoriose. Cependant cette variété est sensible à la cécidomye.
- **Toumouh (Variété inscrite au catalogue officiel en 1997) :**  
Variété de blé dur, d'une hauteur moyenne et une précocité moyenne, moyennement résistante à la verse, à la rouille brune et au séptoriose et sensible à la cécidomye.
- **Oum Rabia (Variété inscrite au catalogue officiel en 1988) :**  
Variété de blé dur semi-précoce, à paille moyenne de 105 cm de hauteur, de couleur blanche. Elle est résistante à la verse et à l'oïdium, et tolérante à la rouille brune et la séptoriose. Par contre cette variété est sensible à la cécidomye.
- **Achtar (Variété inscrite au catalogue officiel en 1988) :**  
Variété de blé tendre, semi-précoce à semi-tardive avec une bonne résistance à la verse. Elle est recommandée pour les bours favorables et les zones irriguées, du fait, qu'elle est hautement productive, qu'elle valorise mieux les intrants, et qu'elle résiste à la septoriose. Elle peut être utilisée en montagne. Cette variété doit être protégée à cause de sa vulnérabilité aux rouilles jaune et brune.
- **Amal (Variété inscrite au catalogue officiel en 1993) :**  
Variété de blé tendre semi-précoce et hautement productive aussi bien en bour qu'en irrigué. Elle est recommandée pour les régions sub-humides et pour les zones irriguées grâce à sa résistance à la septoriose et aux rouilles.
- **Arrehane (Variété inscrite au catalogue officiel en 1984) :**  
Variété de blé tendre précoce et résistante à la verse. En plus elle a une bonne résistance aux rouilles brune et noir et moyennement résistante à la rouille jaune. Arrehane est adapté au semis tardif aussi bien en irrigué qu'en bours.

### *3- Protocole expérimental*

Le présent travail vise à déterminer les effets néfastes du NaCl sur la germination des graines de blé de plusieurs variétés marocaine. Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de chlorures de sodium. Pour chaque variété, les graines au nombre de 50, sont désinfectées à l'eau de javel, lavées abondamment à l'eau, puis rincées à l'eau distillée. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes à pétri couvertes de papier filters. Dans un cas, nous avons ajouté 10 ml de l'eau distillée (témoin), dans les autres cas, nous avons ajouté 10 ml de solution contenant 5 g/L, 10 g/L ou 15 g/L de NaCl (stress salin). Les boîtes sont mises à l'obscurité dans un incubateur réglé à une température de 25°C. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm [13].

### *4- Les paramètres étudiés*

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

-**Taux de germination final:** ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines [14].

-*Cinétique de germination*: pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, le nombre de graines germées ont été compté quotidiennement jusqu'au 7<sup>ème</sup> jour de l'expérience [17].

-*Vitesse de germination*: elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination peut s'exprimer par la durée médiane de germination [15] ou par le temps moyen de germination ( $T_{50}$ ) (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) [14].

$$\text{Durée médiane } (T_{50}) = T_1 + (0.5 - G_1 / G_2 - G_1) \times (T_2 - T_1).$$

Avec :

$G_1$  = pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur inférieure.

$G_2$  = pourcentage cumulé des graines germées dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur supérieure.

-*Moyenne journalière de germination* (MDG= Mean Daily Germination) : selon Osborne et Nercer [16], MDG est le Pourcentage de germination final/nombre de jours à la germination finale.

-*Longueurs des racines et des épicotyles* : la longueur de la racine primaire et celle de l'épicotyle ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée, et ce pour évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress.

-*Réversibilité de l'action du sel*: ce paramètre a l'avantage de déterminer l'origine de l'effet dépressif du sel, s'il est de nature osmotique et/ou toxique. Ainsi, les graines sont mises à germer en présence de différentes concentrations de NaCl pendant 4 jours. Au quatrième jour, les graines non germées sont rincées trois fois pour éliminer le sel non absorbé puis transférées dans d'autres boîtes de pétri contenant de l'eau distillée pendant quatre jours supplémentaires [17].

#### 5- Analyse statistique

Pour toutes les concentrations utilisées, chaque résultat correspond à la moyenne de 5 répétitions. L'analyse de variance est effectuée par le test de Fisher à  $\alpha = 5\%$  à l'aide d'Excel 2010 et les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls à l'aide de XLSTAT-Excel. Chaque moyenne est affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

## Résultats et discussion

### 1- Taux de germination finale

Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées [18]. La figure 1 montre que, quelle que soit la variété, la capacité germinative des graines stressées est réduite comparativement au témoin et ceci pour les trois concentrations utilisées.

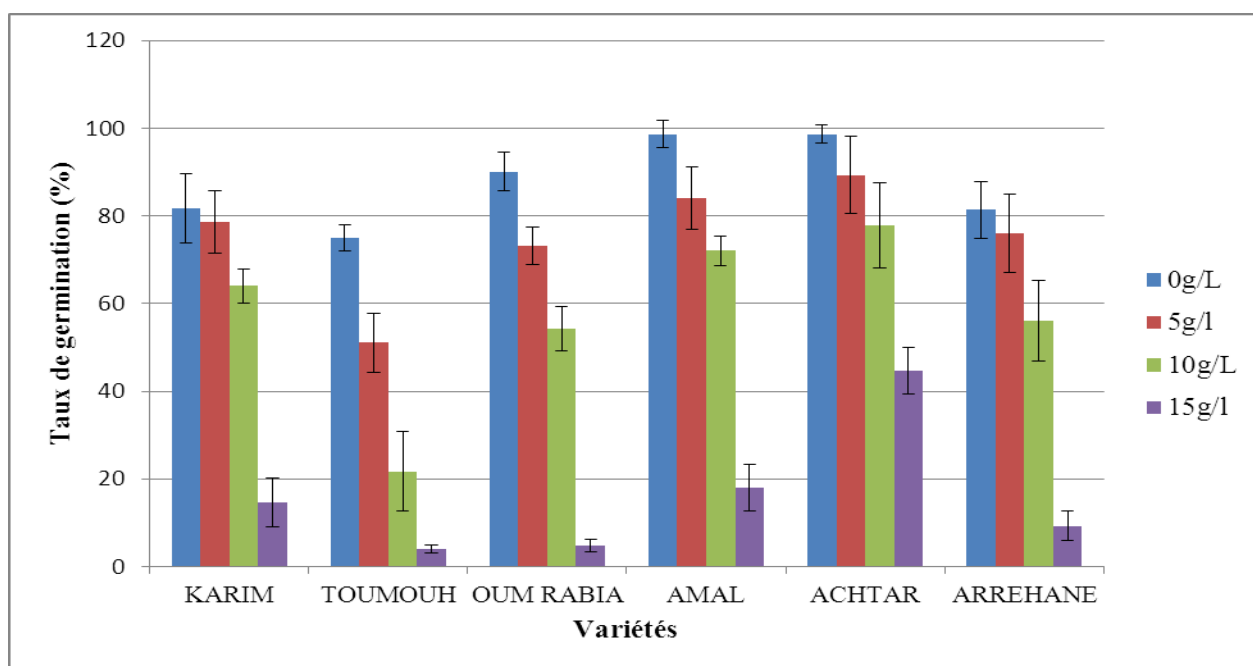


Figure 1 : Variation du taux de germination, des différentes variétés de blé, en fonction de l'intensité du stress salin.

En effet, le tableau 1 montre que, lorsque le stress est modéré (5 g/L), les variétés Karim, Achar et Arrehane se distinguent de toutes les autres et montrent un taux de germination qui n'est pas significativement différent par rapport au témoin. Or, lorsque l'intensité du stress est élevée (10 g/L et 15 g/L), toutes les variétés sont affectées et montrent un taux de germination différent de celui du témoin.

Il est à signaler que la variété Achar est la plus résistante au stress salin et elle a montré un taux de germination de 46,38 % en condition de stress les plus sévères (15 g/L). Or, toutes les autres variétés ont montré un taux de germination qui ne dépasse pas 14% pour le même niveau de stress.

Il est à constater, également, que les variétés de blé tendre se montrent plus résistantes et leur taux de germination plus élevés que celles du blé dur vis-à-vis au stress salin, même aux conditions les plus sévères.

Nos résultats montrent un effet dépressif du sel sur la germination des graines et concordent avec d'autres études [18-21].

**Tableau 1 :** Variation de la capacité germinative des variétés de blé étudiées pour les différentes concentrations de NaCl (g/L)

NaCl g/l	Karim	Toumouh	Oum Rabia	Amal	Achar	Arrehane
0 (n=4)	82,58 <sup>a</sup>	76,3 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	97,48 <sup>a</sup>	99 <sup>a</sup>	84,03 <sup>a</sup>
5 (n=4)	75,25 <sup>a</sup>	52,16 <sup>b</sup>	73,17 <sup>b</sup>	86,21 <sup>b</sup>	90,86 <sup>a</sup>	79,5 <sup>a</sup>
10 (n=4)	63 <sup>b</sup>	18,75 <sup>c</sup>	54,33 <sup>c</sup>	71,57 <sup>c</sup>	73,65 <sup>b</sup>	60,27 <sup>b</sup>
15 (n=4)	13,5 <sup>c</sup>	3,8 <sup>d</sup>	4,75 <sup>d</sup>	18,06 <sup>d</sup>	46,38 <sup>c</sup>	10,75 <sup>c</sup>

(a, b, c, d) : les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas au seuil de 5%

**Tableau 2 :** Classification des variétés de blé étudiées en groupes homogènes, selon le test Newman-Keuls, pour le paramètre « taux de germination »

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Toumouh	35,996	A
Oum Rabia	54,625	AB
Arrehane	58,386	AB
Karim	58,583	AB
Amal	67,385	B
Achar	77,474	B

Il apparaît de la lecture du tableau 2 que les variétés Achar et Amal sont significativement les meilleurs, comparativement aux autres variétés. Vient ensuite les variétés Oum Rabia, Arrehane et Karim qui constituent une classe homogène différente des autres. La variété Toumouh, quant à elle, elle se montre la plus sensible au stress salin.

### 2- Cinétique de germination

La figure 2 présente l'évolution de la germination des 6 variétés de blé en fonction du temps pour l'ensemble des traitements. Les résultats montrent que les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées (stressées) sont situées au-dessous de celles des courbes témoins et se rapprochent de zéro au fur et à mesure que la dose de NaCl augmente.

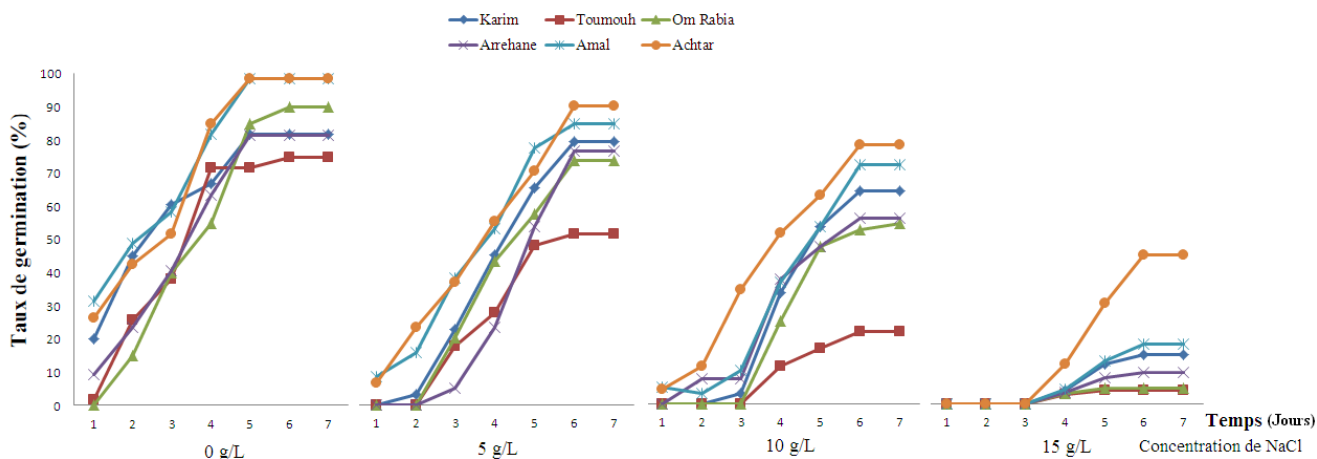
Les courbes de germination permettent de distinguer 3 phases:

- une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon la concentration de NaCl. Elle est courte voire absente chez les plantes témoins et celles irriguées par une concentration de 5 g/L de NaCl. Mais, elle devient plus au moins longue, surtout chez les plantes soumises au traitement de 15 g/L de NaCl pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 4 jours ;

- une phase sensiblement linéaire, correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, du moins pour les plantes témoins et les plantes soumises à une

concentration de 5 g/L. Pour la concentration de 15 g/L, cette phase est très courte, ce qui explique le taux de germination réduit dû à l'effet inhibiteur du sel sur la germination;

- une troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative de chaque variétés et pour chaque concentration. Il paraît que cette capacité germinative diminue pour toutes les variétés étudiées mais avec des degrés différents, selon l'espèce et le stress appliqué.

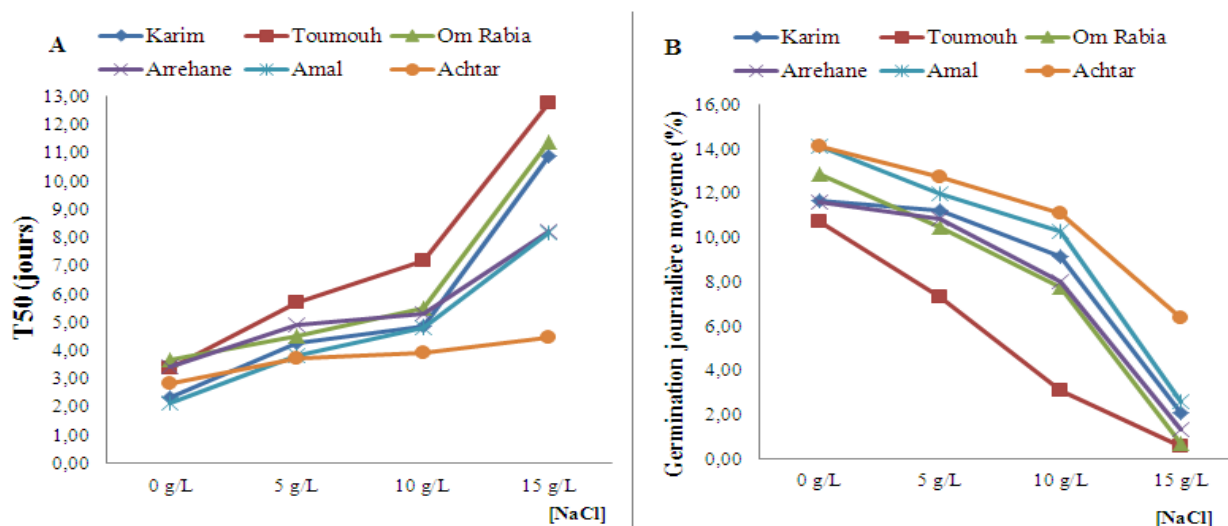


**Figure 2 :** Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de six variétés de blé.

On remarque que la variété Achtar est la plus tolérante au sel et évolue plus rapidement que les autres variétés, alors que la variété la plus sensible est Toumouh. Les autres variétés ont un comportement intermédiaire.

### 3- Vitesse de germination et moyenne journalière de germination

Les données de la figure 3, illustrant l'effet des concentrations croissantes de NaCl sur la vitesse de la germination exprimée par le temps moyen de germination, montrent que pour toutes les variétés étudiées, l'augmentation de la concentration en NaCl provoque une augmentation du temps moyen de germination  $t_{50}$  (accompagnée d'une diminution de la vitesse de la germination (figure 4)).



**Figure 3 :** Effets de différentes concentrations de NaCl sur le temps moyen de germination  $t_{50}$  (A) et la moyenne journalière de germination (B) des variétés de blé étudiées.

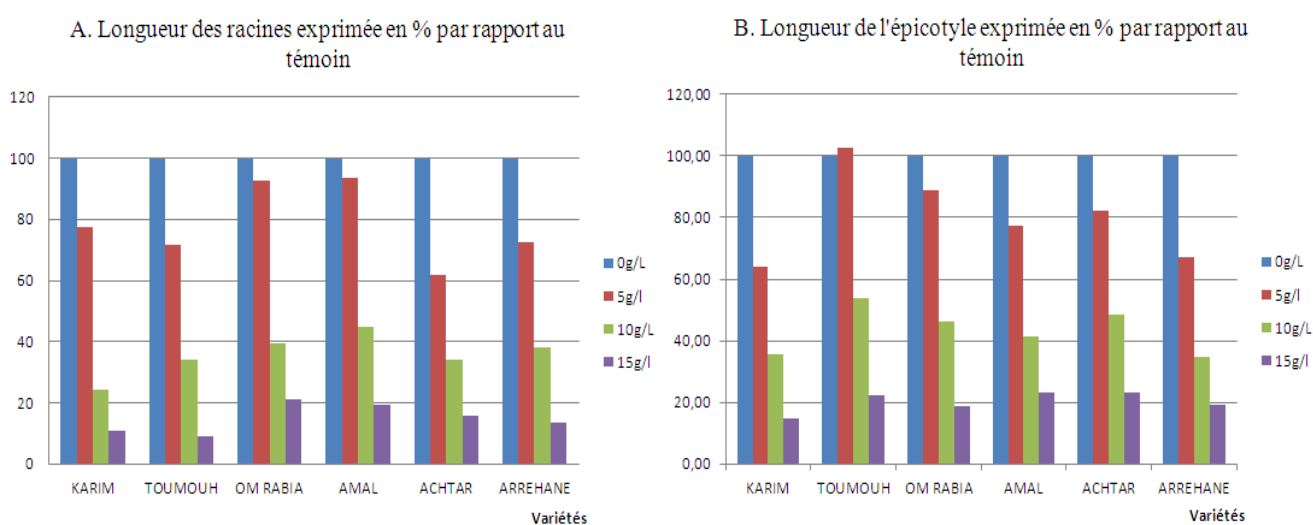
Par voie de comparaison, les témoins et les plantes soumises à une concentration de 5g/L ont un  $t_{50}$  peu modifié. Par contre, pour les concentrations les plus élevées (10 g /L et 15 g/L), le  $t_{50}$  augmente de façon considérable. Ainsi, la présence de NaCl ralentit la vitesse de germination des graines de toutes les variétés mais de façon

différente. Le  $t_{50}$  de la variété Achar demeure toutefois le plus bas, ce qui explique que sa vitesse de germination est plus rapide que celle des autres variétés (figure 3) et sa moyenne journalière de germination est la plus élevée (figure 4).

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de l'ensemble des génotypes avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne [22].

#### 4- Longueurs des Racines et des épicotyles

Les résultats de l'analyse du système racinaire et foliaire, sous différentes concentrations de NaCl, sont présentés sur la figure 4. En conditions de stress modéré, la longueur des racines et des épicotyles est légèrement affecté. En revanche, l'effet de stress salin sévère est très remarqué surtout pour la concentration de 15 g/L.



**Figure 4 :** Variation de la longueur des racines et des épicotyles des six variétés de blé en fonction de la concentration en NaCl.

L'analyse de la variance à un seul facteur du paramètre « longueur des racines » (tableau 3) montre que le stress salin appliqué aux variétés Oum Rabia et Amal n'a pas d'effet significatif sur ce paramètre. Or, la variété Arrehane présente un effet hautement significatif de la salinité sur la longueur des racines. Les autres variétés présentent un effet significatif.

**Tableau 3 :** L'analyse de la variance à un seul facteur de la longueur des racines de six variétés de blé soumises aux différentes concentrations de NaCl (g/L)

Tableau d'analyse de la variance du paramètre " longueur des racines" pour chaque variétés

Variétés	Test F	Probabilité	Valeur critique pour F
Karim	8,44533254	0,002750679	3,490294819
Toumouh	5,94205052	0,010060686	3,490294819
Oum Rabia	2,84813595	0,082095731	3,490294819
Amal	3,14635241	0,064909477	3,490294819
Achar	6,51112338	0,007306947	3,490294819
Arrehane	14,10911300	0,000306616	3,490294819

Le tableau 4 présente l'effet de la salinité sur le paramètre « longueur des épicotyles ». L'analyse de la variance à un seul facteur de la longueur des épicotyles montre qu'il y a un effet significatif de la salinité sur les variétés Karim, Amal, Achar et Arrehane, alors que pour les variétés Oum rabia et Toumouh, l'effet de la salinité sur la longueur des épicotyles n'est pas significatif. Les mêmes résultats sont trouvés pour Oum Rabia et Achar par Ben Naceur [18].



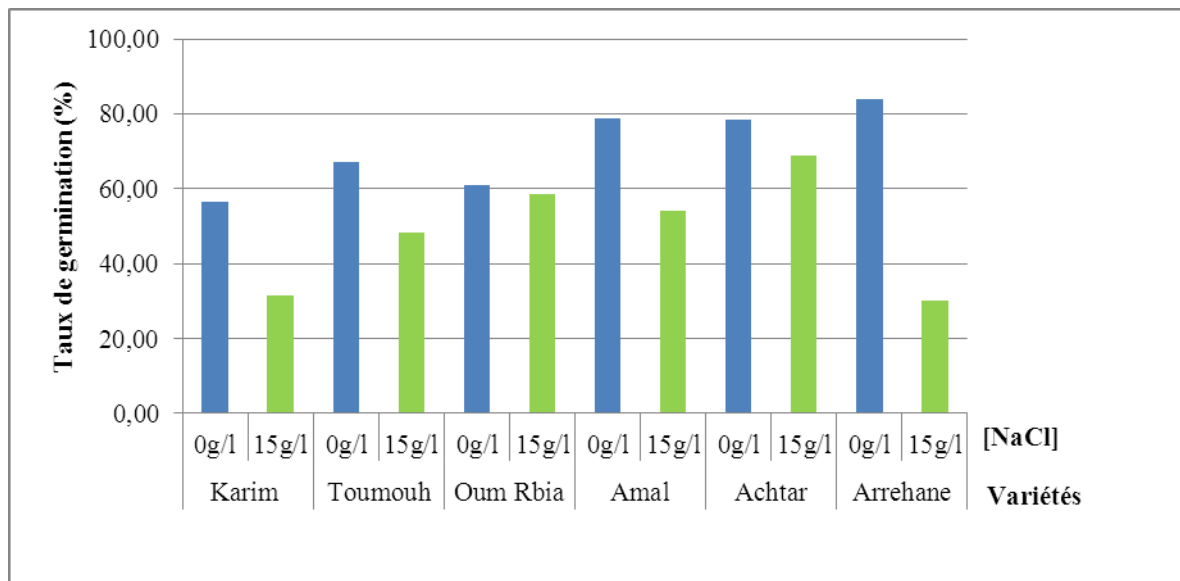
**Tableau 4 :** L'analyse de la variance à un seul facteur de la longueur des épicotyles de six variétés de blé soumises aux différentes concentrations de NaCl (g/L)

Tableau d'analyse de la variance du paramètre " longueur des épicotyles" pour chaque variétés			
Variétés	Test F	Probabilité	Valeur critique pour F
Karim	5,210884354	0,015571409	3,490294819
Toumouh	3,078311247	0,068433723	3,490294819
Oum Rabia	2,834396671	0,083005573	3,490294819
Amal	3,711527731	0,042500238	3,490294819
Achtar	4,261491318	0,028860300	3,490294819
Arrehane	4,961802693	0,018202079	3,490294819

#### 5- Réversibilité de l'action du sel

Les paramètres étudiés précédemment ont montré que le sel exerce, à fortes doses, un effet dépressif sur la germination des graines des variétés de blé étudiées. Cette inhibition peut être osmotique et/ou toxique. Dans la mesure où elle est d'origine osmotique, on devrait s'attendre à une reprise de la germination après levée de cette contrainte. Par contre, si des phénomènes de toxicité ionique interviennent, on peut prévoir l'absence de cette reprise de germination [17].

Le transfert des graines non germées de la concentration 15 g/L dans l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination. Cependant, la capacité germinative reste plus faible que celle obtenue chez les graines mises directement sur le milieu témoin.



**Figure 4 :** Taux de germination des graines mises à germer soit directement au milieu témoin non salé, soit sur milieu témoin mais après prétraitement avec NaCl à 15 g/L.

#### Conclusion

Les résultats rapportés dans cette étude montrent que le blé est une plante sensible à l'action du NaCl, au stade de la germination. Ces résultats nous ont permis de classer les variétés étudiées en trois groupes significativement différents, en comparant leur taux de germination moyenne. Le premier groupe est formé d'Achtar et Amal qui sont les variétés les plus tolérantes au sel. Le deuxième groupe regroupe les variétés moyennement tolérantes à savoir Oum Rabia, Arrehane et Karim. Enfin, le troisième groupe contient la variété Toumouh qui est la plus sensible au stress salin. La capacité germinative et la vitesse de germination des variétés étudiées sont, en effet, fortement touchées et elles diminuent avec l'augmentation de la concentration du NaCl ajouté. Concernant la croissance de la partie aérienne et la partie racinaire, on remarque un effet négatif du sel sur leur croissance en fonction de la variété et du stress appliqué. L'effet dépressif du sel remarqué, est de

nature osmotique, mais à des fortes concentrations, des phénomènes de toxicité peuvent se manifester. Les mêmes résultats ont été trouvés dans l'étude menée sur les pois chiche [17]. La remarque la plus pertinente, tirée de la présente étude concerne la variété Achtar qui apparait du loin la plus tolérante au stress salin, et la variété Oum Rabia qui reste moyennement tolérante, sachant que des résultats similaires ont été trouvés par d'autres auteurs [18,19]. Finalement, reste à signaler que le taux de germination, pourrait être considéré comme critère précoce de sélection des espèces végétales tolérantes au stress salin [20,23,24].

## Références

1. Ait Belaid M., *GeoObservateur*, 5, (1994), 61-69.
2. Mnif L., Chaieb M., *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No spécial, (2004), 252-257.
3. Rezgui M., Bizid E., Ben Mechlia N., *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No spécial, (2004), 258-265.
4. Hayek T., Abdelly C., *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No. Spécial, (2004), 273-284.
5. Ramage RT., eds. *Genetic engineering of osmoregulation*, New York: Plenum, (1980), 311-318.
6. Kinet JM., Benrabiha F., Bouzid S., Lailhacar S. et Dutuit P., *Cahiers agricultures*, 7, (1998), 505-509.
7. Bouderbala N., *CIHEAM - Options Méditerranéennes*, 36, (1999), 171-184.
8. Mallek-Maalej E., Boulasnem F. et Ben Salem M., *Cahiers Agriculture*, 12, (2004), 153-156.
9. Hamza M., *C. R. Acad. Sci. Paris*, 176, (1967), 1997-2000.
10. Maas E.V., *Appl. Agric. Res*, 1, (1986), 12-26.
11. Ehret D.L., Redmann R.E., Harvey B.L. et Cipywnyk A., *Plant Soil*, 128, (1990), 143-151.
12. Touraine B. et Ammar M., *Agronomie*, 5, (1985), 391-395.
13. Sayar R., Bchini H., Mosbahi M. et Khemira H., *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 46 (2), (2010), 54-63.
14. Côme D., Ed. Masson et Cie, Paris. 1970, 162.
15. Scott S.J., Jones R.A. et Williams W.A., *Crop science*, 24(6), (1984), 1192-1199.
16. Osborne J.M., Fox J.E.D. et Mercer S., *Lieth H. & Al Masoom A.(Eds), Towards the Rational Use of High Salinity Plants*, 1, (1993), 323-338. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 521 pp.
17. Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M., *TROPICULTURA*, 25 (3), (2007), 168-173.
18. Ben Naceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Meddahi ML. Et Selmi M., *Sécheresse*, 12, (2001), 167-174.
19. Mallek-Maalej E., Boulasnem F. et Ben Salem M., *Cahiers Agricultures*, 2, (1998), 153-156.
20. Allagui MB., Andreotti VC. et Cuartero J., *Ann INRAT*, 67, (1994), 45-65.
21. Rachidai A., Driouich A., Ouassou A. et El Hadrami I., *Rev. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride*, 6, (1994), 209-228.
22. Bliss R.D., Platt-Aloria K.A. et Thomson W.W., *Plant Cell and Env.*, 9, (1986), 721-725.
23. Norlyn J.D., Epstein E., *Crop. Sci.*, 24, (1984), 1090-1092.
24. Zide E, Grignon C., 2<sup>ème</sup> Journées scientifiques du réseau biotechnologies végétales. Tunis, 4-9 décembre. Éd. AUPELF-UREF, (1989), 105-125.

(2013) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>