

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université « Dr. Tahar Moulay » de Saïda  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



**Mémoire Élaboré en vue de l'obtention du diplôme de Master**  
**Spécialité :** Ecologie Végétale et Environnement  
**Option :** Protection des écosystèmes

**Présenté par :**  
**Boukouria Rabah**  
**Mebarki Abderrahmane**

**Sur le thème intitulé**

**L'effet de stress salin sur la germination de  
l'*Atriplex halimus***

**Devant la commission du jury, composée par :**

**Encadreur : SAIDI ABDELMOUMEN**

**Professeur Université Saïda**

**Président : Ammam Abdelkader**

**MCA Université de Saïda**

**Examineur : Henni Mustapha**

**MCBU Université Saïda**

**Année universitaire : 2019/2020**



# Remerciement

**D'abord je remercie le bon Dieu « Allah » le tous puissant pour m'avoir donné le courage, la force et la santé pour réaliser se travail. Un très grand merci a mes chers parents pour tous ce qu'ils m'ont offerts et pour leur patience. Je tiens à remercier tout particulièrement mon encadreur Mr saidi abdelmoumen, pour avoir accepté de m'encadrer ainsi que pour sa confiance. Nous remercie également Mr henni mustapha pour l'aide dans laboratoire et merci pour le groupe d'aménagement de HCDS Saida sur tout MrSlimane pour ces informations.**



**Elhamdulillahpour Complétez Note de graduation**

**Je remercie tous ceux qui m'ont aidé à avancer, en plus d'eux mon père, ma mère, mes sœurs et mon frère Younes**

**Merci à notre professeur, Mr SaidiMoumen**

**Merci a notre professeur henni mustapha pour mes aide dan laboratoire**

**. Nous remercie également le groupe d'aménagement de HCDS Saida sur tout MrSlimane pour ces informations.**

## Résumé

La salinité Dans les zones arides et semi-arides est l'un des facteurs majeurs qui aboutit à une perte considérable des sols fertiles avec leur concentration excessive en sels, les sols salins deviennent un environnement défavorable pour la croissance et la régénération de la plupart des espèces végétales et par conséquent l'installation de la désertification.

La recherche de plantes plus adaptées à la sécheresse et la salinité est un enjeu fondamental dans les prochaines décennies. Les Atriplex constituent une richesse renouvelable et elles présentent une grande souplesse vis-à-vis des stress abiotiques, elles sont évaluées pour leur usage écologique et alimentaire potentiel (Naha fatima 2018).

Dans le cadre de réhabilitation de ces zones nous avons fait ce travail qui a pour objectif d'étudier l'effet d'un stress salin sur la germination d'une espèce locale de genre Atriplex : *Atriplex halimus* le traitement fait avec 4 solutions SALIN NA CL : T = 0g/L, C1 = 5g/L, C2 = 10g/L, C3 = 15g/L pour 3 stations de wilaya de Saida.

Les résultats obtenus montrent que : le temps de latence (TL) des graines témoins et les grains arrosés par C1 plus germent précocement que les autres graines exposées à la salinité C2 C3 de station 01.

Pour la 2ème station le temps de latence est le même pour les grains témoins, C1, C2 et C3

Pour la 3ème station Le temps de latence est le même pour les grains témoins, grain arrosé par C1 et C2, les grains arrosés par C3 décalés par 1j.

Les taux final de germination pour les grains témoins et les grains arrosés par C1 et C2 dépassent 60%, les grains arrosés par C3 ne dépassent pas 37% pour les 3 stations.

## Summary :

Salinity In arid and semi-arid areas is one of the major factors which results in a considerable loss of fertile soils with their excessive concentration of salts, saline soils become an unfavorable environment for the growth and regeneration of most of the species and consequently the installation of desertification. As part of the rehabilitation of these areas we have done this work which is a The objective of studying the effect of a saline stress on the germination of a local species of the genus atriplex: *Atriplexhalimus* the treatment made with 4 SALIN solution T = 0g / L, C1 = 5g / L, C2 = 10g / L C3 = 15g / L for 3 STATION of wilaya of Saida. The germination results m between the latency time (TL) of the control seeds and the watered seeds by c1 earlier than the other seeds exposed to the salinity C2 C3 of station 01.

For the 2nd station the latency time is the same for the control grains, C1, C2 and C3

For the 3rd station The latency time is the same for the control grains, grain watered by c1 and c2, the grains watered by c3 shifted by 1j.

The final germination rates for the control grains and the grains watered by c1 and c2 exceed 60%, the grains watered by c3 do not exceed 37% for the 3 stations.

## ملخص

### تعتبر

الملوحة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة أحد العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى الخسار الكبير في التربة الخصبة مع تركيز الأملاح المفرط، تصبحت ربة المالحة بيئية غير مواتية لنمو وتجديد معظم أنواع النباتات. وبالتالي تثبيتها التصحر.

إن البحث عن نباتات أكثر تكيفاً مع الجفاف والملوحة يعتبر تحدياً أساسياً في العقود القادمة

تشكل Atriplexes موراً متجدداً وتبديراً ونهكياً كبيراً فيما يتعلق بالضغوط الأحيائية، ويتم تقييمها باستخدامها البيئي والغذائي المحتمل (Naha). (fatima 2018)

كجزء من إعادة تأهيل هذه المناطق، قمنا بهذا العمل الذي يهدف إلى دراسة تأثير إجهاد الملح على نباتات الأنواع المحلية من جنس atriplex: Atriplex halimus العلاج المصنوع من C2 = 10g / L C3 = ، C1 = 5g / L، SALIN NA CL: T = 0g / L4 15 جم / لتر ثلاث محطاتي قبول لاية صيدا.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن: زمن الكمون (TL) للبذور الشاهدة والمسقية بـ c1 تنبت قبل البذور الأخرى المعرضة للملوحة C2 C3 للمحطة 01.

بالنسبة للمحطة الثانية، يكون وقت الاستجابة هو نفسه بالنسبة للبذور الشاهدة ، C1 و C2 و C3

بالنسبة للمحطة الثالثة، يكون زمن الاستجابة هو نفسه بالنسبة للبذور الشاهدة ، حيث يتم تسقي البذور بواسطة c1 و c2 ، وتتاخر البذور المسقية بـ c3 بيوم إضافي.

معدلات الإنبات النهائية للبذور الشاهدة والبذور المسقية بـ c1 و c2 تتجاوز 60% ، والبذور المسقية بـ c3 لا تتعدى 37% للمحطات الثلاث.

## Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo 01	Arbuste d <i>Atriplexhalimus</i> L. (site IAP Es senia in Halfaoui , 2010 )	06
Photo 02	Touffe d' <i>Atriplexhalimus</i> L (Naha fatima 2018)	07
Photo 03	<i>Atriplexhalimus</i> .L (Talamali et <i>al.</i> , 2003in Abbou et Zagharia 2018)	08
Photo 04	Feuilles d' <i>Atriplexhalimus</i> L	09
Photo 05	La tige d' <i>Atriplexhalimus</i> .L (Benrebiha1987in Abbou et Zagharia2018)	09
Photo06	graines d' <i>Atriplexhalimus</i> .L	10
Photo07	Valves fructifères d' <i>Atriplexhalimus</i> .L (Anonyme, 2015 in Abbou et Zagharia 2018)	10
Photo08	Test et sélection des graines pleines et mûtures	34
Photo09	Désinfections des graines par l'eau de javelle	34
Photo10	Préparation des boites de pétri et placement des graines	35
Photo11	Arrosage des graines par des différentes concentrations	36
Photo 12 :	graines témoins germinées de la station01	40
Photo 13 :	graines témoins germinées de la station02	41
Photo 14 :	graines témoins germinées de la station03	42

## Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01 :	Schéma du Protocol expérimental	33
Figure 02:	effet du stress salin sur la germination des graines de l'Atriplex .h station01	41
Figure03 :	effet du stress salin sur la germination des graines de l'Atriplex .h station02	42
Figure 04 :	effet du stress salin sur la germination des graines de l'Atriplex .h station03	43



## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01 :	Répartition des différentes espèces d'Atriplex dans l'Algérie (Quezel et Santa, 1962).	11
Tableau 02:	Teneur en matière sèche et composition chimique des feuilles vertes d'Atriplexhalimus .L ( <b>Boussaid et al, 2001</b> )	13
Tableau 03:	les resultats de germination pour les trois station	39

## Liste d abréviation

**MS : matière sèche.**

**meq : Milliéquivalente**

**UF : unité fourragère.**

**NaCl : chlorure de sodium.**

**TE : Teneur en eau.**

**% : Pour cent**

**°C : Degré Celsius**

**C : concentration**

**FAO : Food and Agricultur Organisation**

**mg : Milli gramme**

**g : Gramme**

**g/l : Gramme par litre**

**h : Heure**

**ha : Hectare**

**ml : Milli litre**

**mM : Millimolaire**

**DG: durée de germination**

**T50: le temps nécessaire à l'obtention de 50 % du taux de germination**

**TFG: taux final de gemination**

**TL: temps de latence**

**TMG: temps moyen de germination**

## SOMMAIRE

*Remerciement*

*Introduction*

*Synthèse bibliographique*

**Chapitre 1 : Généralités sur *Atriplex***

<b>I.</b>	<b>Les Amaranthacées.....</b>	<b>03</b>
	1) Description de la famille des Amaranthacées.....	03
	2) Botanique .....	03
	3) Origine d' <i>atreplexhalimus</i> .....	04
	4) Exigences édapho-climatiques .....	04
	- Exigences édaphiques .....	04
	- Exigences climatiques .....	04
	5) Morphologie de l' <i>Atriplexhalimus</i> .....	06
	- Touffes .....	06
	- Fleurs .....	07
	- La Feuille.....	08
	- La tige.....	09
	- Racine.....	09
	- La graine.....	09
	- Les fruits.....	10
	- Les valves fructifères.....	10
	6) Répartition de l' <i>Atriplexhalimus</i> .....	11
	Les <i>Atriplex</i> En Algérie .....	11
	Les <i>Atriplex</i> dans le monde .....	12
	7) Les intérêts des <i>Atriplex</i> .....	12
	- Intérêts économiques .....	12
	- Intérêt écologique.....	13
	- Intérêts médicaux.....	14
	<b>Chapitre 2 : germination et stress salin.....</b>	<b>15</b>
<b>II.</b>	<b>Généralités sur la germination .....</b>	<b>16</b>
	1) Définition .....	16
	2) Morphologie de la germination .....	16
	3) Physiologie de la germination.....	16
	- La solubilisation des réserves .....	16

- La respiration .....	16
- La production de chaleur .....	17
4) Conditions de la germination .....	17
1) Conditions internes de la germination .....	17
2) Conditions externes de la germination.....	17
- Eau.....	17
- Oxygène.....	17
- Température .....	18
5) Les différents obstacles de la germination .....	18
- Dormance embryonnaire .....	18
- Inhibitions tégumentaires.....	18
- Inhibitions chimiques.....	18
6) La levée de dormance.....	19
- Stratification.....	19
- Froid.....	19
- Lixiviation .....	19
- Traitements oxydants.....	19
<b>III. Notion stress .....</b>	<b>19</b>
1) Le stress chez les plantes .....	20
2) Types de stress.....	21
- Le stress abiotique.....	21
- Stress salin .....	21
- Le stress ionique .....	22
- Stress nutritionnel.....	23
- Le stress osmotique .....	24
- Stress oxydatif .....	24
- Le stress hydrique .....	25
- Stress thermique .....	25
- stress biotique:.....	26
3) Les plantes et le stress salin .....	26
- Effets du stress salin sur la germination des graines .....	26
- Effets du stress salin sur l'absorption .....	28
- Effet de la salinité sur l'architecture de la plante .....	29

- Effet de la salinité sur la partie aérienne .....	29
- Effet de la salinité sur la partie racinaire.....	29
- Effet Sur les échanges gazeux et la photosynthèse .....	30
- Effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction .....	30
- Effet de la salinité sur le rendement agronomique .....	31
<b>Chapitre 3 : MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>32</b>
1) Objectif de l'expérimentation.....	33
2) Site de récolte des grains .....	34
3) Choix du Matériel végétal .....	34
4) Choix et Préparation des grains.....	34
5) Préparation des boîtes de pétri .....	35
6) Préparation de solution saline .....	36
7) Mise en germination des graines .....	36
8) Méthodes d'expression des résultats .....	37
<b>Chapitre 4: RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>38</b>
1) Traitements statistiques .....	39
2) Les résultats de stress salin sur les grains de la station 01.....	40
3) Les résultats de stress salin sur les grains de station 02.....	41
4) Les résultats de stress salin sur les grains de station 03.....	43
5) Discussion.....	44
<b>IV. Conclusion.....</b>	<b>45</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>47</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>52</b>

### ***Introduction***

L'Algérie fait partie du groupe des pays méditerranéens où la sécheresse, observée depuis longtemps, a conduit manifestement au processus de salinisation des sols (GAUCHER *et al.*, 1974)

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation (IPTRID, 2006). 10 à 15% des surfaces irriguées soit (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (MERMOUD, 2006).

En Afrique, près de 40 Million hectares sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale (IPTRID, 2006). La présence du sel dans les sols des zones arides et semi-arides, dans le monde aboutit à une perte considérable des sols fertiles, entraînant ainsi un déséquilibre socio-écologique important (Abbadet *et al.*, 2004 ) et par conséquent l'installation de la désertification. Les données actuelles se résument dans le bassin méditerranéen à 16 millions d'hectares de sols salés dont 3.2 millions en Algérie (Hamdy, 1999).

La sécheresse importante enregistrée depuis longtemps et la progression de la salinité dans les régions arides exigent des stratégies éco physiologiques pour sauvegarder et réhabiliter ces sols (Belkhodja et Bidai, 2004). L'adaptation des espèces tolérantes à ces conditions offre une alternative et une grande importance doit être attribuée aux espèces du genre *Atriplex* à cause de leur caractère xérohalophytique (Le Houérou, 1992). Ces plantes possèdent en effet des capacités pour maintenir un potentiel hydrique interne bas sous la contrainte saline du milieu (Pujol *et al.*, 2001) et ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche qui ont porté sur l'aspect fourrager et la nutrition minérale, la résistance et la tolérance à la salinité et à la sécheresse (Le Houérou, 1992).

Les *Atriplex*, espèces fourragères, supportent bien les conditions climatiques et pédologiques des régions arides et semi-arides, mais leur aire de répartition se réduit de plus en plus, par suite de surpâturage et de manque de stratégie de gestion de ces parcours (Benchaabane, 1997).

L'aménagement de ces régions, touchées par le phénomène de la salinisation, dans le but d'améliorer la production fourragère, passe d'abord par une meilleure connaissance de la biologie et de l'écologie des *Atriplex*, ce qui ouvre une voie dans les programmes d'aménagement des zones dégradées et dans la contribution au développement durable (Ighilharizet *et al.*, 2008).

# **Chapitre 1 :Généralité sur les Atriplex**

## I) Les Amaranthacées

### 1) Description de la famille des Amaranthacées

Les Amaranthacées comprennent 70 genres et 800 espèces, répartis principalement dans les latitudes tropicales et subtropicales. Seulement quelques genres se produisent dans les régions tempérées, dont le plus important est *Amaranthus*. Les centres de diversité sont l'Amérique centrale et du Sud, l'Afrique tropicale et l'Afrique du Sud et l'Australie.

La famille contient des annuelles, des plantes vivaces herbacées, des arbustes, des lianes ligneuses. Les inflorescences sont soit des structures de cymose complexes, soit les cymes réduites à une seule fleur sous tendue par une bractée et deux bractéoles. (**Martius 1826**), (**Moquin-Tandon 1849**), (**Schinz 1893, 1934**), (**Suessenguth 1934**) et (**Cavaco 1962**) ont apporté d'importantes contributions à la systématique d'Amaranthacées. Le classement actuellement accepté par (**Townsend 1993**) est basé sur (**Schinz 1893, 1934**), qui a reconnu deux sous-familles, à savoir Gomphrenoideae, avec anthères 2 loculaire, et Amaranthoideae, avec anthères 4 loculaire, et quatre tribus. Les Pseudoplantageae (de Gomphrenoideae) avec une morphologie florale amaranthoïde mais des anthères 2 loculaires ont été considérés intermédiaires entre les deux sous-familles. La plupart des auteurs a admis des difficultés à identifier les caractères distinctifs. Toutefois, (**Baillon 1887**) traités Chenopodiaceae et Amaranthacées comme une seule famille, comme l'a suggéré plus tard aussi de (**Malligson 1922**) sur la base des études sérologiques. Récemment, il a été à nouveau proposé de fusionner les deux familles dans une seule famille Amaranthacées (**ApG, 1988**)

## I) Botanique

Du point de vue morphologique, les Amaranthacées sont caractérisées par des racines profondes et pénétrantes, destinées à absorber la plus grande quantité d'eau possible, et par des feuilles alternées, petites et farineuses ou recouvertes de poils, lobées, parfois épineuses, formées de manière à réduire les pertes en eau dues à la transpiration. Certains genres ont des tiges pulpeuses, à courts segments internodaux, entièrement dépourvues de feuilles, ce qui donne aux plantes un aspect singulier semblable à celui d'un cactus. Les fleurs, peu visibles et regroupées en inflorescences en épi ou à cyme, sont petites, hermaphrodites ou unisexuelles et sont pollinisées par le vent. Les pétales et les sépales, très semblables, sont généralement constitués par cinq, trois ou deux lobes de couleur marron ou verdâtre. Généralement, les anthères, en nombre égal ou à peine inférieur à celui des segments du périanthe, sont disposées au sommet de l'ovaire ou sur un disque (**Rosas, 1989**) La formule florale classique est :  $5S + 5 E + 3C$ . Le gynécée est toujours gamocarpellé, uniloculaire et uniovulé (avec l'ovule courbe et parfois semi infère en s'enfonçant) L'ovaire est constitué par une seule loge, trois carpelles et deux étamines ; il produit un seul ovule lequel, en mûrissant, produit un akène à calice marcescent et contenant des graines petites, très



desséchées, qui sont remarquables du fait de leur longévité ; ces graines sont dites macrobiontiques. Ainsi, on a retrouvé des graines de chénopode blanc de plus de 1500 ans ; cette longévité exceptionnelle explique la difficulté à détruire et à éradiquer certaines espèces de cette famille (Chalandre, 2000) Récemment, il a été à nouveau proposé de fusionner les deux familles dans une seule famille Amaranthacées (ApG, 1988)

### Origine d'*Atriplexhalimus* :

L'*Atriplexhalimus* .Lest une espèce natif d'Afrique du nord ou il est très abondant (Kinet, 1998), sa zone de diffusion s'étend des zones semi-arides aux zones humides, facilement identifiable grâce à son habitus droit caractéristique et aux branches fructifères très courtes (20 cm) et recouvertes de feuilles (Walkers et al., 2014 ; Walker et Lutts, 2014). Il s'étend également aux zones littorales méditerranéennes de l'Europe et aux terres intérieures gypso-salines d'Espagne.

C'est la plante indigène la plus représentée sur le pourtour méditerranéen, couvrant pas moins de 80 000 ha. En Syrie, Jordanie, Egypte, Arabie saoudite, Libye et Tunisie (Martinez et al., 2003).

## II) Exigences édapho-climatiques :

### 1) Exigences édaphiques :

L'*Atriplexhalimus* c'est une espèce très répandue sur tous les sables maritimes ou littoraux . Cette espèce est recommandée à cause de son enracinement traçant et son feuillage très résistant au vent.

Les Atriplex poussent sur tous les sols argileux gypseux marneux et halomorphe, elle occupe des sebkhas et les bords des oueds et elle se développe sur des affleurements salifères, les sols squelettiques soumis aux embruns marins et les sols halomorphes. La couverture d'Atriplex augmente considérablement la perméabilité des sols et le drainage dans des horizons superficiels (Hamza, 2001).

### 2) Exigences climatiques :

Le climat méditerranéen est un type de climat appartenant à la famille du climat tempéré (« tempéré chaud » ou « subtropical de façade ouest », selon les considérations), qui se caractérise par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides.

Le terme de « méditerranéen » s'explique par sa présence caractéristique autour de la mer Méditerranée, mais d'autres régions du monde possèdent les mêmes conditions climatiques. Il s'agit des façades ouest des continents, entre 30 et 45° de latitude (Californie, centre du Chili, région du Cap en Afrique du Sud, Sud et Ouest de l'Australie) (Abbou A et Zagharia F 2018).

Au sens de Köppen (Abbou A et Zagharia F 2018), le climat est dit méditerranéen si la sécheresse est estivale, les précipitations sont inférieures à 40 mm durant le mois le plus sec et si les précipitations durant le mois le plus sec en été sont inférieures au tiers du mois hivernal le plus arrosé. La température du mois le plus froid doit être comprise entre -3 °C et 18 °C. Le climat est a

été chaud si le mois le plus chaud a une moyenne supérieure à 22 °C, il est dit a été tempéré si la température moyenne du mois le plus chaud est inférieure à 22 °C et possède 4 mois consécutifs où la moyenne est supérieure à 10 °C.

L'Atriplexhalimus peut être planté dans l'étage bioclimatique aride et semi-aride. Elles trouvent leurs optimums écologiques entre les isohyètes 200 et 400 mm, elles peuvent s'adapté sous une pluviométrie annuelle de 10 à 20 mm dans la région de " FEZZAN " En Libye (**Abbou A et Zagharia F 2018**).

L'Atriplex supporte bien le froid et la gelée peu prolongé, il semble que le minimum absolue de point de vue température se situe entre 5 à 10 °C durant la nuit en région continentale (**Froment . ,1972**) Elle accepte des conditions climatiques et édaphiques assez varié.

Le bassin méditerranéen subit, dans sa majeure partie, les effets du changement climatique qui se traduisent par des événements marquants tels la sécheresse extrême des années 1990 à l'origine des mauvaises récoltes ; le déficit pluviométrique de l'ordre de 50% des pluies normales enregistré dans certaines localités espagnoles ; l'observation, en 1995, de la pluie dans certaines contrées égyptiennes pour la première fois depuis près d'un demi-siècle(**Abbou A et Zagharia F 2018**).

**Taxonomie de l'Atriplexhalimus: Selon Benabid en (2000) On peut représenter la systématique d'Atriplexhalimuscomme suit :**

Embranchement	<i>Spermaphytes (Phanérogames)</i>
Sous-embrochement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Sous classe	<i>Apétales</i>
Ordre	<i>Centrospermales</i>
Famille	<i>Amaranthaceae</i>
Espèce	<i>Atriplex halimus</i>

**Non commun**

**En Français :** Arroche maritime, Banquette, Arroche halime, Pourpier de mer, Arroche sauvage.

**En Anglais :** Salt Bush

**En Arabe :** Guettaf, HachichatAzzaj, Ghassoul et Aachebi



**Photo N°01 :** Arbuste dAtriplexhalimus L. (site IAP Es senia in Halfaoui ,y 2010 )

### **III) Morphologie de l'Atriplexhalimus :**

Selon la morphologie l'*Atriplexhalimus* se divise en deux sous espèces:

- *Atriplexhalimus* L. *halimus*: est généralement plus feuillée et se rencontre sur les zones du littoral semi-aride à humide.

- *Atriplexhalimus* L. *scweinfurthii*: est caractérisée par des rameaux florifères dépourvus de feuilles; c'est une sous espèce des zones arides et désertiques (**Francllet et Le Houerou, 1971**). L'*Atriplexhalimus* L. est un arbuste natif d'Afrique du Nord où il est très abondant.

Il s'étend également aux zones littorales méditerranéennes de l'Europe et aux terres intérieures gypso-salines d'Espagne (**Kinet et al, 1998**). L'*Atriplexhalimus* L. est un arbuste fourrager autochtone qui tolère bien les conditions d'aridité (sécheresse, salinité,...) (**Souayah et al, 1998**).

#### **- Touffes :**

Cette espèce se développe en touffes très denses de plusieurs mètres de circonférence et de 2 – 3 m de hauteur à un aspect général blanc argenté. Les rameaux dressés portent des feuilles alternes à pétioles courtes et très variables de forme et dimension.

La plante adulte est très ramifiée ayant un aspect blanc argenté, à tige dressé d'un couleur blanche-grisâtre, à racine blanchâtres orientant horizontalement pivotante en surface atteindre 3 à 5 fois la longueur de tige (Benrebiha .1987).

L'*Atriplexhalimus* L. se rencontre en région littorale semi-aride à humide ; c'est un arbuste généralement plus feuillu, au port érigé, très ramifié, pouvant atteindre trois mètres de haut (**Ben Ahmed et al. 1996**).



**Photo N°02 :** Touffe d'AtriplexhalimusL( Naha fatima 2018)

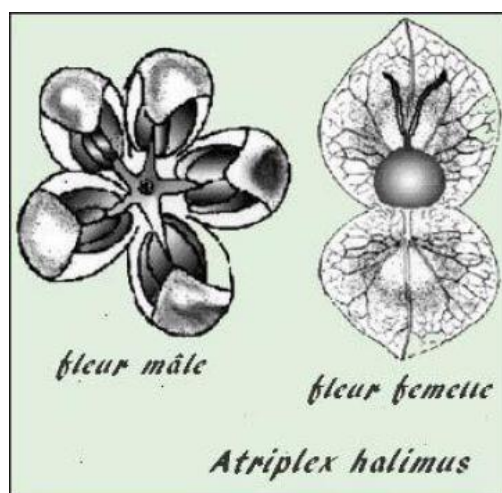
### **Fleurs :**

Les plantes sont monoïques et portent des inflorescences en panicules d'épis, terminales, avec des fleurs mâles au sommet et des fleurs femelles à la base. La floraison - fructification se déroule de mai à Décembre.

Selon (**Talamali et al. 2003**) il existerait deux types d'architecture florale de base, l'une est constituée de fleurs mâles pentamères et l'autre de fleurs femelles munies d'un unique carpelle inséré entre deux bractées opposées.

Les fleurs sont vertes, petites et triangulaires à la position terminale (**Talamali et al, 2001**), elles sont monoïques, glomérules ordinairement multiflore formant des épis ordinairement denses et courts, nus, groupées en panicules terminales plus au moins feuillées (**Maire, 1962**).

Les fleurs mâles sont à cinq pétales et cinq étamines, et les fleurs femelles sont dépourvues de périanthe dont le gynécée est constitué d'un ovaire surmonté de 2 styles enveloppé de 2 bractées opposées de forme triangulaire (**Kinet et al. 1998**)



**Photo N°03:***Atriplexhalimus* .L (Talamali et al. 2003 in Abbou et Zagharia 2018)

- **La Feuille :**

Les feuilles sont assez longues, 2 à 5 cm, en général deux fois plus longues que larges (Quezel et Santa, 1962).Elles sont alternes, nettement pétiolées, charnues, ovales, ovalesrhomboïdales ou ovales Triangulaires. Elles sont parfois hastées plus ou moins atténuées entières ou un peu sinués dentées. Elles peuvent être lancéolées parfois plus ou moins aiguës et même acuminées, toutes plus ou moins trinervées à la base. La nervure médiane est un peu saillant en dessous, avec des terminaisons libres dans les mailles, les plus grandes pouvant atteindre 4,5 cm de long (Maire, 1962).

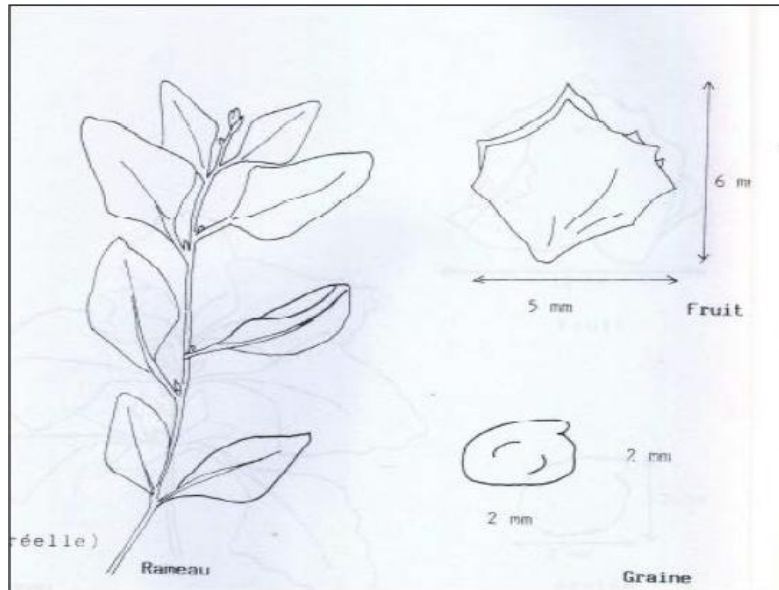
Les feuilles sont alternes, brièvement mais nettement pétiolées, plus ou moins charnues, luisantes, couvertes de poils vésiculeux blanchâtres (trichomes), ovales, entièrement ou légèrement sinuées, de 0,5 à 1cm de large sur 2 à 4cm de long.



**Photo N°04 :** Feuilles d'*Atriplexhalimus*L

- **La tige :**

La tige dressée est très rameuse. Les rameaux sont dressés puis étalés, arrondis, blanchâtres et souvent plus ou moins effilés (Maire, 1962)



**Photo N° 05:**La tige d'*Atriplexhalimus*.L (Benrebiha, 1987)

- **Racine:**

Le système racinaire est formé par une racine- principale de 50 à 90 cm de long, avec de rares racines secondaires de même longueur ou parfois plus longues sur lesquelles s'insèrent de nombreuses racines tertiaires fines et courtes(Le Houérou. ,1992).

- **La graine :**

La graine est entourée du péricarpe membraneux de 2mm de diamètre, aplatie en une disposée suivant les genres dans un plan vertical ou horizontal (Quezel et Santa, 1962) L'orientation de la disposition de la graine est importante à examiner pour séparer les genres.La graine est d'une teinte roussâtre (Francllet et Le Houérou, 1971, Quezel et Santa, 1962, Mesbah, 1998 ; in Mâalem, 2002).

Les graines sont comprimés latéral de 0,9 à 1 ,1 mm, de couleur noir ou roussâtre (Castroviejo., 1990).



**Photo N°06:** Graines d'*Atriplex halimus* L

- **Les fruits :**

Le fruit est membraneux, composé par les deux bractéoles indurées ou entières, lisse ou tuberculeuses, farineuses pubescentes ou velues, droites ou récurvées (Ozenda, 1983). Les fruits d'*Atriplex* sont très broutés par les herbivores (Ozenda, 1982- 1964).

Les fruits sont réniformes, orbiculaire, entière ou dentées et ont une surface dorsale lissée (Castroviejo., 1990).

- **Les valves fructifères :**

La valve fructifère est cornée à la base, blanchâtres, coriaces, libre, arrondies en rein, plus larges que hautes, entières, lisse, sans nervures.



**Photo N°07:** Valves fructifères d'*Atriplex halimus* .L (Anonyme, 2015)

**IV) Répartition de l'*Atriplex halimus*:**

**V) Les *Atriplex* En Algérie**

*Atriplex* est spontanée dans les étages bioclimatiques semi-arides et arides les plus grandes superficies correspondent aux zones dites steppiques (Batna, Biskra, Boussaâda, Djelfa, Saïda, M'sila, Tébessa, Tiaret) (ANONYME, 1974).

Les principales nappes naturelles d'*Atriplex* sont : *Atriplex halimus*, *Atriplex portulacoides*, qui sont utilisés comme fourrage par les troupeaux, surtout ovins et dromadaires. Ils couvrent une superficie de 1.000.000 ha (M.A.R.A, 1974). Parallèlement aux espèces autochtones, d'autres ont été introduites durant les années 80. Il s'agit surtout de *Atriplex canescens* et *Atriplex nummularia* pour leur double intérêt : lutte contre l'érosion et ressources fourragères (H.C.D.S, 1996).

**Tableau 01** : Répartition des espèces d'*Atriplex* dans l'Algérie (Quezel et Santa, 1962).

Espèces	Nom	Localisation
<b>Annuelles</b> (Différent généralement par la forme des feuilles, du port et des valves fructifères)	<i>A. Chenopodioides</i> Batt.	Bouhanifia (Mascara) (très rare)
	<i>A. littoralis</i> L.	Environ d'Alger (rare).
		Assez commune dans le Tell et
	<i>A. hastata</i> L.	très rare ailleurs.
		Assez commune dans le Tell et
	<i>A. patula</i> L.	très rare à Aflou.
	<i>A. tatarica</i> L.	Annaba et Sétif (très rare)
	<i>A. rosea</i> L.	Biskra et sur le littoral d'Alger et d'Oran (très rare).
<b>Vivaces</b> (Différent généralement par la forme des feuilles, la taille de l'arbrisseau, le port des tiges et l'aspect du périanthe).	<i>A. dimorphostegia</i> Kar et Kir.	Sahara septentrional (assez commune), Sahara central (rare).
	<i>A. tornabeni</i> Tineo.	Sahel d'Alger, Golfe D'Arzew (très rare).
	<i>A. portulacoides</i> L.	Assez commune dans le Tell
	<i>A. halimus</i> L.	Commune dans toutes l'Algérie.
	<i>A. mol</i> <i>A. coriacea</i> Forsk.	Biskra et Oued-el-Khir (très rare).
	<i>A. glauca</i> L. f. <i>lis</i> Des.	Commune en Algérie



**Les *Atriplex* dans le monde :**

Les *Atriplex* se rencontrent dans toutes les parties du monde de l'Alaska à la Patagonie, de la Bretagne à la Sibérie et de la Norvège à l'Afrique du sud (Franclet et Le Houérou, 1971). Par exemple l'espèce *Atriplex halimus* est spontanée à l'intérieur d'une aire relativement vaste englobant les pays du nord de l'Afrique et de proche et moyen –orient depuis les îles canaries jusqu'à l'Iran. Vers le sud, l'espèce atteint le massif de l'ahogar. En Europe, l'espèce est présente en plus de la zone méditerranéenne en Bulgarie (FLOCH, 1989)

**VI) Les intérêts des *Atriplex*:****4.1) Intérêts économiques :**

Les halophytes constituent une source additionnelle de fourrage, de médecines et d'huiles sur la terre irriguée avec l'eau de mer en plantant et en augmentant le rendement biologique de pâturages dégradés dans des zones arides (Cheriyaa et Mzouri, 1999).

De nombreuses études ont mis en évidence le fait qu'en associant la culture de l'orge aux arbustes fourragers appartenant au genre *Atriplex*, la production de céréales a augmenté de 25%; de plus, le bétail peut éventuellement brouter les chaumes d'orge et les arbustes d'*Atriplex* en été et en automne (Le Houérou 1980 a ; Brandle. 1987 ; Ortiz-Dorda et al. 2005).

Les fourrages ligneux représentés par les arbres et les arbustes, s'ils ne résolvent pas à eux seuls le problème des éleveurs, ils pourront être un complément indispensable pour assurer la soudure à la fin de l'été et de l'hiver et apporter un fourrage vert en pleine saison sèche pour les ruminants qui sont les seuls animaux capables de valoriser les ligneux (Mebirouk-Boudechich et al. 2014).

L'*Atriplex halimus* est un arbuste autochtone présente un grand intérêt comme plante fourragère dans les régions arides et semi-arides en raison de sa rusticité, sa bonne valeur fourragère, sa résistance élevée à la sécheresse et sa faculté de tolérer des taux de salinité importants.

Comme elle a été signalé par de nombreux auteurs (Le Houérou, 1992 et 2000 ; Abbad et Benchaabane, 2004 ; Al- Owaimer et al. 2011; Najar et al. 2011, Henni, 2013). Riche en protéines, l'*Atriplex halimus* constitue une source importante en matière azotée pour le cheptel, essentiellement en période de disette (El-Shatnawi et turuk, 2002). Sa culture pourrait être envisagée comme source de fourrage dans les zones de grande fragilité écologique.

**Tableau N° 2** : Teneur en matière sèche et composition chimique des feuilles vertes d'*Atriplexhalimus* .L (Boussaid et al. 2001)

MS (%)	MAT* (% MS)	CB* (% MS)	Na (% MS)	Ca (% MS)	K (% MS)	P (% MS)	Mg (% MS)
34,2	15,1	15,4	4,41	1,77	2,59	0,21	0,32

\* MS : matière sèche ; MAT : matière azotée totale , CB : cellulose brute

Dans la région de Djelfa (Algérie), Nedjimi (2012) a mesuré des productions de 2 à 3 de matière sèche par hectare dans des peuplements naturels d'*Atriplexhalimus* .L soit 1 000 à 1500 UF/ha, sous une pluviométrie de 250 à 300 mm/an. Il faut signaler que la valeur nutritionnelle de cette espèce varie considérablement au cours des saisons (Le Houérou, 2004).

Cependant, Ruiz Mirazo et Robles (2011) ont démontré que le pâturage de printemps a augmenté le tournage teneur en humidité en été. En outre, lorsqu'il est administré seul, le teneur en phosphore peut être insuffisant pour les brebis.

#### 4.2) Intérêt écologique:

L'aspect écologique est que quelques espèces d'halophytes peuvent accumuler jusqu'à 35-40% de sels dans leurs organes sans endommager leurs fonctions essentielles normales.

En d'autres termes, quand elles sont moissonnées ou broutées annuellement, une grande quantité de sels est aussi bien enlevée et elles réduisent de manière significative le degré de salinité des sols, de ce fait, elles améliorent leur état écologique (Ahmed et al Goodin., 1970).

En Afrique du nord, Les *Atriplex* sont particulièrement indiqués pour la fixation des marnes souvent gypseuse érodées en " bas –lands" qui occupent d'énormes surfaces et posant toujours des problèmes difficiles à résoudre en zone arides (Francllet et Le Houérou. 1971).

La plantation d'*Atriplexhalimus* a donné les meilleurs résultats dans la lutte contre la désertification effectuée en Afrique australe par rapport aux nombreuses espèces arbustives testées (Van heerden et al., 2000 b). Les *Atriplex* sont les arbustes les mieux adaptés aux régions arides et au sol pauvres, D'autres parts, la couverture d'*Atriplex* accroît considérablement la perméabilité des sols et l'augmentation de drainage dans les horizons superficiels. Elles permettent la reconstitution d'un tapis végétal herbacé. Elles sont susceptibles de mettre en valeur des terres où la végétation naturelle est profondément dégradée et la production agricole irrégulière (Benrbiha ,1987)

Les plantations d'*Atriplex* peuvent permettre la récupération des zones salées surtout avec l'*Atriplexhalimus* qui est particulièrement résistant au Na Cl. Sa croissance est stimulée en présence de Na Cl à 150 Mm (Ben Ahmed et al., 1996).

Les *Atriplex* peuvent aussi "désaliniser" les sols. En effet la teneur en Na Cl atteint 20% de la matière sèche pour *Atriplexnummularia*(Sarson, 1970). Il est possible d'extraire d'un hectare 1100 Kg de Na Cl en une année de culture (Franclet et Le Houérou, 1971)

#### **4.3) Intérêts médicaux**

L'*Atriplexhalimus* présente un intérêt médical il est utilisé contre les affections coliques, anti-diarrhéique, antispasmodique, antiseptique, anti- rhumatismale, dilatation des vaisseaux et stimulation des centres respiratoires.

- **Partie utilisée** : Les feuilles (Chahma, 2006).

- **Principes actifs** : phénols totaux résines, betaines, tannins, flavonoïdes, saponines, glycosides, alcaloïdes

Selon (Dutuit et al. 1991) *L'Atriplexhalimus*L. est utilisé comme plante médicinale dans la pharmacopée traditionnelle. En effet elle agit sur la maladie du sommeil (trypanosomiase). Elle possède également un effet antidiabétique notamment sur le diabète type 2.

## **Chapitre 02::Germination et stress salin**

## II. Généralités sur la germination

### 1) Définition

La germination désigne l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule, en vie ralentie dans la graine mûre, commence une vie active et se développe grâce à l'énergie contenue dans les réserves de la graine (Maciejewski, 1991). Elle représente la phase de réaction du métabolisme après réhydratation de la graine sans changement morphologique apparent (Meyer et *al.* 2004).

La germination est définie comme la somme des événements qui vont du grain sec à la percée radiculaire : cela commence par la prise d'eau ou imbibition (gonflement de la graine) qui permet l'activation métabolique et se termine par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine (François et *al.* 2009).

### 2) Morphologie de la germination

Les phénomènes morphologiques de la germination débutent toujours par la sortie de la radicule qui perce le tégument, se recourbe et s'implante dans le milieu; la tigelle ne se dégage que plus tard (Ozenda, 2006).

D'après (François et *al.* 2009), le processus germinatif commence par l'entrée d'eau dans la graine sèche, ou imbibition, qui s'opère en trois phases. Tout d'abord, une réhydratation rapide (phase I qui dure quelques heures) qui voit la graine augmenter de volume, suivie d'un quasi plateau (phase II de durée très variable; elle est de quelques jours à quelques mois), puis une nouvelle prise d'eau, qui n'a lieu qu'après la germination (phase III qui dure quelques jours).

### 3) Physiologie de la germination

Pendant leur germination, les graines passent par ces étapes :

#### - La solubilisation des réserves :

Les graines qui germent gonflent en absorbant de l'eau, puis se ramollissent progressivement. Elles finissent par contenir une pâte laiteuse venant de la liquéfaction de leurs réserves.

#### - La respiration :

Les graines en germination dégagent du gaz carbonique, elles respirent, en effet. C'est pourquoi l'oxygène leur est nécessaire.

#### - La production de chaleur :

Il est facile de constater l'élévation de la température d'un lot de graines en germination. Ainsi, dans une masse de graines humides qui commencent à germer, le thermomètre peut dépasser 50 °C. Une telle température compromet la vie et la conservation des semences (Jean-Prost, 1970).

#### 4) Conditions de la germination

La germination des graines exige des conditions favorables

– externes qui sont la disponibilité en eau, en oxygène et une température compatible avec un métabolisme cellulaire actif – et internes, la levée des dormances (Francoit et *al.* 2009).

##### - Conditions internes de la germination

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même, qu'elle doit être vivante, mûre, apte à germer (Jeam et *al.* 1998). La première condition à remplir pour qu'une semence germe, c'est qu'elle soit à maturité, c'est-à-dire que toutes ses parties constrictives: enveloppes séminales (tégument + éventuellement péricarpe) et amande (tissus de réserves + embryon), soient complètement différenciées morphologiquement la longévité des semences, durée pendant laquelle elles restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif, varie considérablement selon les espèces.

##### - Conditions externes de la germination

La graine exige la réunion des conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière :

**Eau** : L'eau est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieur en quantité suffisante mais aussi sous des liaisons suffisamment faibles pour que la graine puisse l'absorber (Heller et *al.* 2006).

Selon (Chaussat et *al.* 1975), la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans 8et provoque le gonflement de leurs cellules, au moment de leur division (Dominique, 2007).

**Oxygène** : L'oxygène est indispensable à la germination. La germination exige obligatoirement de l'oxygène (Dominique, 2007).

Selon Mazliak(1982), une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après Meyer et *al.* (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

**Température** : La température compatible avec la germination s'inscrit dans une gamme assez large (sous réserve que la semence ne soit pas dormante) (Heller et *al.* 2006).

La température agit soit directement par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelque degré pour stimuler la germination (Mazliak, 1982), ou indirectement, par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (Chaussat et *al.* 1975). Le thermomètre peut dépasser 50 °C, une telle température compromet la vie et la conservation des semences (Jean-Prost, 1970).

La germination des graines exige des conditions favorables – externes qui sont la disponibilité en eau, en oxygène et une température compatible avec un métabolisme cellulaire actif – et internes, la levée des dormances (François et *al.* 2009).

### 5) Les différents obstacles de la germination :

Ce sont tous les phénomènes qui empêchent la germination d'un embryon non dormant (ce qui donne naissance à la nouvelle plante et constitue la partie vivante ; la partie active de la semence) placé dans les conditions convenables (Mazliak, 1982).

L'inaptitude à la germination de certaine graine peut être d'origine tégumentaire, embryonnaire ou due à des substances chimiques associées aux graines, ou dormance complexe (Bensaid, 1985).

#### - Dormance embryonnaire :

Une dormance embryonnaire a par définition son origine dans l'embryon lui-même, c'est-à-dire qu'elle n'est pas levée par un traitement sur les enveloppes et qu'elle se manifeste même si l'embryon est isolé (Heller et *al.* 2006).

#### - Inhibitions tégumentaires :

Les téguments des graines inhibent la germination avec des degrés divers, elles provoquent l'imperméabilité à l'eau et l'oxygène (Binet et Boucad, 1968). La membrane dure et épaisse retarde l'absorption d'eau, par l'effet de leur cellules mortes, et la présence d'une couche imperméable (mucilages), et par l'effet d'une couche à cellules jointive, qui elles provoquent la diminution de la porosité donc la diminution de la perméabilité (Chaussat et *al.* 1975).

#### - Inhibitions chimiques :

Les inhibitions chimique sont certainement plus rare dans les conditions naturelles, leur nature exacte reste généralement inconnue, car elles n'ont pas souvent été isolées (Mazliak, 1982). La plante sécrète des substances chimique qui s'opposent à la germination telle que : acide abscissique, acide caféique, substance téléttoxique, ammoniac...etc. (Dominique, 2007).

### 6) La levée de dormance :

La levée de dormance se fait naturellement ou artificiellement.

- **Stratification** : ce traitement utilisé empiriquement depuis longtemps, consiste à placer les semences au froid dans un milieu humide (terre, sable, tourbe) en période déterminée selon l'espèce (**Jeam et al. 1998**).
- **Froid** : C'est une technique qui consiste à placer les semences au froid à des températures basses mais positives (**Mazliak, 1998**).
- **Lixiviation** : par le trempage ou le lavage à l'eau, pour éliminer les inhibiteurs hydro solubles (**Jeam et al, 1998**).
- **Traitements oxydants** : on a souvent préconisé l'emploi d'eau oxygénée pour améliorer la germination on pensant qu'elle fournit de l'oxygène à l'embryon (**Mazliak, 1982**).

### III. Notion de stress

La capacité d'un organisme à s'adapter à son environnement est d'une importance vitale. La vie existe à travers le maintien d'un équilibre dynamique complexe de l'environnement interne appelé «homéostasie» qui constitue un défi constant face aux forces adverses intrinsèques ou extrinsèques, réelles ou perçues (Habib et al. 2001), les agents stressants. Le milieu intérieur est le concept original de Claude Bernard (1868) selon lequel l'environnement interne est maintenu dans un équilibre constant même si les conditions du monde environnant changent. Précisant ce concept, Cannon proposa en 1929 le terme d'homéostasie. Ce terme est issu du grec *homo* (même, comme) et *stasis* (se tenir, posture). Cannon a été le premier à étudier les variations des réponses physiologiques aux conditions environnementales menaçantes. Cet auteur fonde sa proposition sur l'idée selon laquelle des états stables comme le taux de glucose, la température corporelle et l'équilibre acido-basique sont étroitement régulés. Cette stabilité nécessite que toute tendance au changement rencontre automatiquement des facteurs de résistance. Lorsqu'il y a dans l'environnement un changement important ou imprévisible, nouveau ou menaçant, les mécanismes de réponses au stress sont activés.

Ces réponses nécessitent l'intervention de l'ensemble du système nerveux central et périphérique, entraînent des réponses neuroendocrines et immunitaires qui activent des fonctions adaptatives de survie et, plus tard, assurent un retour à l'équilibre des *patterns* homéostatiques.

Dans ce cadre, le stress est défini comme une situation qui menace ou est perçue comme une menace de l'homéostasie. Le terme de stress a été inventé par Hans Selye en 1935. Ce dernier



a défini le stress comme une « réponse non spécifique de l'organisme à toute sollicitation » D'origine anglaise, le mot « stress » était employé en mécanique et en physique et voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort » Ce n'est qu'en 1963 que Hans Seyle utilise ce mot en médecine et le définit comme étant « des tensions faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours et déclenchées par des événements futurs désagréables ou agréables ».

La transposition au monde biologique proposée par Levitt est assez intéressante (Gravot, 2008) Il définit le stress comme étant tout facteur environnemental susceptible de déclencher chez les plantes des modifications chimiques ou physiques dommageables. Ces modifications représentent la contrainte qui peut être plastique ou élastique (Levitt, 1972 in Gravot, 2007)

### 1) Le stress chez les plantes

Les stress se traduisent chez les plantes par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur croissance et leur productivité (WANG *et al.* 2001 ; ARAUS *et al.* 2002). Contrairement aux animaux, les plantes ne peuvent pas migrer lorsque les conditions de vie leur sont défavorables. Naturellement, les plantes doivent donc s'adapter pour faire face à des agressions biotiques et abiotiques.

Les stress abiotiques induisent des changements physiologiques (LANGRIDGE *et al.*, 2006) et des changements dans les processus cellulaires et moléculaires (CHINNUSAMY *et al.* 2006 ; TALAME *et al.* 2007). Ils engendrent généralement une perturbation du potentiel hydrique chez les plantes (ATIENZA *etal.*, 2004 ; VERSLUES *et al.*, 2006), compensée par une fermeture des stomates, suite à une perte de turgescence dans les cellules de garde, ou une diminution de la pression osmotique cellulaire (LANGRIDGE *et al.*, 2006).

Les stress peuvent également affecter le fonctionnement de la plante en perturbant les flux ioniques (LANGRIDGE *et al.* 2006) ou en altérant les parois ou membranes cellulaires (ZHU, 2001 ; WANG *et al.* 2003). Les tissus doivent alors mettre en place plusieurs mécanismes d'adaptation afin de limiter les dégâts engendrés par le stress (VERSLUES *et al.* 2006).

Les plantes mettent donc en œuvre des stratégies d'adaptation et de défense aux stress, pour cela elles possèdent des mécanismes de perception et de signalisation complexes leur permettant de produire une réponse plus ou moins spécifique des stimulus perçus.

Parmi les contraintes environnementales on peut distinguer suivant leur nature plusieurs types de stress (Netting, 2002).

On peut considérer que la notion de stress implique, d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animale ; et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie change sensiblement, avec soit adaptations à la nouvelle situation, soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (Leclerc, 1999). Selon ce même auteur, pour survivre, la plante doit échapper ou éviter le stress, l'échappement ou l'évitement peut être spatial, comme chez les géophytes et les hémicryptophytes en hiver, grâce à leurs parties souterraines ou très proches du sol : ou peut être temporaire exemple des thérophytes printanières qui évitent de pousser pendant la saison froide et la saison chaude.

## 2) Types de stress

On peut distinguer deux types du stress dans la nature :

### 2.1. Le stress abiotique:

Il est dû principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité... On peut citer quelques types des stress abiotiques qui peuvent affecter les végétaux :

#### ✓ Stress salin

La salinité est définie par la présence de concentrations variées de Na Cl de 0 à 450 ml/l. Elle représente la quantité des sels minéraux qui se trouvent dissouts dans la solution du sol. Pour un même sol, elle varie avec la teneur en eau et avec la température. La phase liquide du sol, comme toute eau arrivant au sol, est caractérisée par la contenance de sels spécifiques. La distribution des ions entre la solution du sol et la phase solide est gouvernée par les propriétés d'échange de la phase solide et contrôlée par le processus d'échange ionique. Dans les zones arides et semi-arides, l'examen chimique de la solution extraite du sol révèle l'existence de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$  comme principaux composants. La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe (Berbouchi et al. 2013).

Elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (FAO, 2005). La salinité des terres agricoles est un problème mondial qui ne fait que s'accroître, 15 millions d'hectares de ces terres sont affectées par une salinisation croissante des sols au Maghreb et au Moyen-Orient (LE HOUEROU, 1966).

Dans les zones irriguées, les ions sodium de l'eau s'accumulent dans les sols à des fortes concentrations ce qui engendre un problème osmotique en raison d'une concentration en sel particulièrement importante et l'environnement à un potentiel hydrique très négatif. Par le processus de salinisation, les sels s'accumulent dans le sol. Quand la quantité de sels dans la solution du sol est élevée, ces derniers peuvent se concentrer à la surface du sol et y causer un état appelé salinité du sol (Berbouchi et *al.* 2013).

La salinité des sols et des eaux, constitue un obstacle majeur pour la croissance des végétaux, dans les régions arides et semi-arides (Baba-Sidi-Kassi, 2010).

Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels, et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes par la réduction du potentiel hydrique, on parle alors de milieu « physiologiquement sec » (Trembun, 2000).

Pour tirer de l'eau d'un tel environnement, les plantes qui y vivent doivent avoir un potentiel hydrique encore plus négatif que celui des plantes vivantes dans les environnements non salins, sinon les plantes perdraient de l'eau et se faneraient. D'après (Hamza, 1980), les plantes qui s'adaptent à la salinité se manifestent par des formes comme :

- Un faible allongement des organes et de leurs ramifications.
- Un raccourcissement des entre-noeuds.
- Une diminution de la surface foliaire.

✓ **Le stress ionique :**

Lié à la composition en éléments du sol (carences ou toxicité en certains ions) : un déficit en N, P, MO, Cu, Zn, Fe, B, ... peut avoir des conséquences importantes sur le développement des plantes. Un excès de minéraux AL, Na, Cl, ... peut avoir des effets toxiques (Monneveux et This, 1997).

La toxicité ionique survient lorsque l'accumulation des sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique (Levigneronet *al.* 1995). Ce type de stress est lié à la composition en éléments minéraux du sol et les carences en certains ions (Monneveux et This, 1997).

L'entrée massive dans la plante de certains ions tels que le sodium et le chlore, exerce une action toxique qui se manifeste par des lésions sur les feuilles (Mekkaoui, 1990). Les sels présents dans le sol peuvent limiter l'alimentation de la plante en cations majeurs tels que K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et réduisent aussi l'alimentation en anion tel NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Ould Babana, 1999); la forte

concentration des sels dans le milieu provoque une altération de la nutrition minérale et une perturbation des activités métaboliques s'exprimant par :

- \_ La synthèse des protéines et des acides nucléiques.
- Le taux de respiration.
- L'accumulation de soluté organique.
- La photosynthèse et leur interaction (Alam, 1994 ; Levigneron et *al.* 1995).

✓ **Stress nutritionnel :**

Certains sels peuvent être toxiques pour les plantes et peuvent en affecter la balance nutritionnelle s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale (Snoussi et Halitim, 1998) Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levigneron et *al.* 1995 in Haoualaet *al.* 2007)

L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ . Il y aurait une compétition entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  pour les mêmes sites de fixation apoplasmique (Haoualaet *al.* 2007)

L'effet dépressif du sel sur l'accumulation de  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  est évident chez le blé dur (Bouaouinaet *al.* 2000). Chez le blé, tout comme chez le riz et la canne à sucre, la concentration élevée de  $\text{NaCl}$  diminue également l'absorption de  $\text{Ca}^{2+}$ . Chez *Brassicacampestris*L., qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en  $\text{Na}^+$  s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg, K, N, P et Ca dans la plante. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{NO}_3^-$  deviennent limitants (Haoualaet *al.*, 2007).

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (Tester et Davenport, 2003 in Jabnoue, 2008)

**Le stress osmotique**

La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît. Selon Song *et al.* (2005), plus la solution du sol est salée, plus la pression osmotique est élevée et plus il est difficile pour les racines d'extraire l'eau de la réserve du sol. Il en résulte ainsi un ralentissement de leur croissance. D'après Chinnusamy *et al.* (2004) la concentration en sels dépend de la teneur en eau du sol et augmente avec le dessèchement ; c'est pourquoi l'excès de sels qui affecte les plantes est atteint beaucoup plus rapidement dans un sol sableux que dans un sol argileux qui piège les ions  $\text{Na}^+$  via les charges négatives de l'argile.

#### ✓ **Stress oxydatif**

Les plantes sont constamment soumises à des variations environnementales. Ces changements peuvent engendrer un stress qui modifie l'homéostasie cellulaire. Une conséquence de ces stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition d'un stress oxydatif, c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) qui endommagent les structures cellulaires (Appel et Hirt, 2004 in Attia, 2007). Dans des conditions optimales, les feuilles sont dotées d'enzymes et de métabolites antioxydants suffisants pour faire face aux ROS. L'accumulation phytotoxique de ces différents radicaux oxygénés peut entraîner la mort de la plante ; cependant, ils ont récemment été identifiés comme étant des acteurs essentiels de la réponse au stress et leur rôle comme messenger secondaire est maintenant clairement établi. Leur implication dans la régulation de l'expression génique a aussi permis de démontrer leur rôle d'inducteurs de la mort cellulaire programmée, mort génétiquement contrôlée que l'on retrouve non seulement dans les processus de développement, mais également typiquement observée dans la réponse au stress (Parent *et al.*, 2008).

#### ✓ **Le stress hydrique**

Il est lié aux humidités relatives du sol et de l'air. Le stress hydrique du sol doit être décomposé en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie, le stress hydrique de l'atmosphère définit comme des réductions de l'humidité relative de l'air, entraînant des modifications du pouvoir évaporant et de la transpiration foliaire.

L'eau joue un rôle dominant sur les phénomènes de croissance et de développement. Un stress hydrique, peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le lien entre la disponibilité et les besoins (Bezzala, 2005). Il induit, chez les plantes stressées, une

diminution du contenu relatif en eau et une réduction significative de la production de biomasse totale (Kramer, 1980 ; Albouchi et *al.* 2007), concomitante à une réduction de la croissance en diamètre et en hauteur des tiges (Vanhes, 1997 ; Aussenac et *al.* 1984 ; Thomaset Gausling, 2000).

De même, le manque d'eau affecte la distribution de la biomasse chez les plantes stressées (Ledig, 1981). Souvent, la réponse d'une plante soumise à un assèchement du sol se traduit par une allocation préférentielle de biomasse vers les racines, exprimée par une augmentation du rapport en matière sèche entre les parties, racinaire et aérienne (Albouchi et *al.* 2003).

Les dégâts produits par le stress hydrique se manifestent par une chlorose, des phénomènes de sénescence, l'abscission des feuilles de la base et le flétrissement et les feuilles nouvellement formées qui montrent une réduction de leur surface.

En situation de déficit hydrique, la plante ferme ses stomates pour réduire ses pertes en eau. Cette fermeture entraîne des modifications physiologiques, morphologiques et phénologiques. L'entrée du CO<sub>2</sub> est également inhibée lors de cette fermeture, entraînant une perturbation de l'activité photosynthétique. La fermeture emprisonne une bonne part de l'énergie destinée à être dissipé par transpiration, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la température foliaire (Tardieu et Dreyer, 1997).

### ✓ **Stress thermique**

Les dégagements gazeux des activités humaines accroissent les concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le méthane (CH<sub>4</sub>). Ces accroissements de gaz à effet de serre augmentent la température moyenne mondiale (Abrol et Ingram, 1997).

Le stress thermique correspond à une élévation de la température approximativement de 10°C au-dessus de la température normale de croissance (Schoffl et *al.* 1986). Au niveau cellulaire, les parois et les membranes des organes jouent un rôle vital dans le fonctionnement des cellules. Tout effet négatif ou néfaste du stress thermique sur les membranes conduit à la rupture de l'activité cellulaire, ou à la mort (Pongpan et *al.* 1990, in Chahrour, 2002).

L'élévation de la température provoque une dénaturation des protéines membranaires, par la fonte des lipides membranaires qui conduit à la rupture des membranes et à la perte du contenu cellulaire (Ahrens et Ingram, 1988 in Chahrour, 2002). La baisse des températures

entraînent des ralentissements de la croissance, voir même une destruction des végétaux exposés (Belhassen et *al.* 1995).

## 2.2. stress biotique:

dus à une agression par un autre organisme : insectes, animal, ... Etc.

## 3) Les plantes et le stress salin

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux. Sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques vitales. Cependant, suivant le milieu naturel, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol. Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches et salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre. Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal: d'un côté, la présence de sel, en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante et de l'autre, l'absorption de sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules. Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Les halophytes, au contraire, développent des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (Calu, 2006)

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (Hillel, 2000). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (Munns et *al.*, 1983). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affecte négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris, 2004).

### - Effets du stress salin sur la germination des graines

L'effet de la salinité sur la germination des graines peut être partiellement osmotique ou du à la toxicité des ions qui peut altérer le processus physiologique comme l'activité enzymatique (Croseret *al.* 2001 ; Essa et AL-Ani, 2001). La présence de sel en excès dans le sol est un des facteurs critiques qui affecte défavorablement la germination de la graine, empêchant les espèces de s'adapter aux environnements salins (Ungar, 1987). Keiffer et Ungar (1997) ont observé qu'une exposition prolongée aux solutions salines peut inhiber ou stimuler la germination chez certaines espèces et que le succès de la germination des graines et les réponses à ces besoins sont reliés à la durée et à l'intensité de l'exposition à la salinité dans leur milieu naturel. Selon une étude menée par Askri et *al.* (2007) sur des graines de pastèque (*Citrullus latus* L.), des concentrations de 50 et 100 mM de NaCl réduisent considérablement la vitesse et la capacité de germination de ces dernières. Une autre étude

faite sur des graines d'artichauts, a montré que plus de 50% des graines irriguées avec des solutions salines sont mortes 4 à 5 jours après l'émergence de la radicule (Maurromicale et Licandro, 2002). Même chez les halophytes, la germination est affectée par la salinité. Elle empêche l'absorption de l'eau (effet osmotique) et dans quelques cas, ceci est dû à un effet ionique. Quand le stress salin est levé et que la germination est remise dans des conditions normales, les graines reprennent leur activité (Duan *et al.* 2004).

Les effets inhibiteurs imposés par la salinité sur le processus de la germination peuvent être également expliqué par l'altération de l'activité enzymatique, indispensable à la réactivation cellulaire pendant cette phase. Ainsi la salinité inhibe l'activité de plusieurs enzymes (Blum, 1988 ; Larcher, 1995).

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Bouchoukh, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhodja et Bidai, 2004). Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Boudas et Haddioui, 2011)

La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique :

- Les effets osmotiques se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination ;
- Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (Rejiliet *al.* 2006).

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (Sharma, 1973, Gutterman, 1993 ; in Ndour et Danthu, 2000) Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (Boulghalaghet *al.*, 2006) On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles



à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Debez et al., 2001)

Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces ( Ndour et Danthu, 2000; Boulghalagh et al., 2006, Benata et al., 2006), même chez des espèces halophytes (Debez et al., 2001; Bajji et al., 2002; Belkhoja et Bidai, 2004; Bouda et al., 2006 et Rahmoune et al., 2008) Des travaux faits sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du NaCl sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine (Katembe et al., 1998 in Debez et al., 2001) La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na<sup>+</sup> par rapport à K<sup>+</sup>, ce qui conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques (Hsiao et al., 1976, Oertli, 1976 ; in Adel et Bader, 2002)

#### - Effets du stress salin sur l'absorption

Chez les plantes cultivées sur milieu témoin sans sel, la concentration totale de la solution foliaire en solutés organiques tend à diminuer avec l'avancement en âge des plantes, alors qu'un effet opposé est noté pour la concentration inorganique totale de la feuille (Rahmoune et al. 1997 ; Ben Naceur et al., 2002) Irriguer avec de l'eau chargée en sels réduit la faculté des racines des plantes à puiser de l'eau du sol. Entre deux irrigations, alors que l'humidité du sol diminue, les sels de la solution du sol peuvent se concentrer à hauteur de 2 à 5 fois leur valeur initiale. Ceci cause une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend encore plus difficile pour les racines d'extraire l'eau du sol. C'est ce qu'on appelle une sécheresse physiologique (Maillard, 2001) Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités l'absorption des éléments nutritifs du sol (Tester et Davenport, 2003 in Jabnune, 2008) En présence de sel, l'absorption des cations Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> dépasse souvent celle des anions Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup> et NO<sub>3</sub>, ce qui engendre un déficit anionique pour le végétal.

Dans les feuilles, les Chlorures (Cl<sup>-</sup>) sont toujours accumulés proportionnellement à la teneur globale en sel et en plus grande quantité que le Na<sup>+</sup> (Rahmoune et al., 2000). Le chlore en entrant en compétition avec le NO<sub>3</sub>, inhibe dans les plantes sensibles aux sels l'absorption et le transport à longue distance de cet anion vers les parties aériennes et engendre ainsi une

carence nutritionnelle qui est estimée par la différence entre la teneur globale en cations majeurs  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$  et la teneur en  $\text{Cl}^-$  (Slama, 1986 in Lamzeri, 2007).

Le stress salin réduit dramatiquement la fixation de l'azote  $\text{N}_2$  et l'activité nitrogenase de nodosités chez les légumineuses herbacées (Räsänen, 2002 in Lamzeri, 2007).

#### - **Effet de la salinité sur l'architecture de la plante**

L'architecture de la plante est profondément modifiée sous un stress osmotique, même très modéré et ne présentant pas de symptômes flagrants. Par exemple, chez des dicotylédones comme le pois ou la vigne, le nombre de ramifications et le nombre d'organes élémentaires (phytomères) de la tige sont drastiquement réduits. Il en va de même chez les graminées, où le nombre de talles est réduit en cas d'un stress osmotique.

#### - **Effet de la salinité sur la partie aérienne**

D'après Munns et Rawson (1999), Maas et Poss (1989), l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative (réduction de la hauteur, nombre de talles et de feuilles) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Elle retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines mais elle pousse prématurément la plante vers la maturité.

#### - **Effet de la salinité sur la partie racinaire**

La salinité affecte en particulier la croissance des racines des plantes (L.uchli et Epstein, 1990 ; Bayuelo et *al.* 2002) ont montré qu'elle augmente le rapport PR/PA. En effet, les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, l'augmentation du rapport PR/PA qui s'ensuit semble être associée à une augmentation de leur tolérance au sel. Kafkai (1991), suggère que sous contrainte saline, la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau. Dans ces conditions, il semble que l'arrêt de la croissance foliaire soit déclenché par des signaux hormonaux (Munns, 2002) et qu'une part importante des photosynthèses soit alors réallouée à la croissance racinaire. C'est l'une des réponses anatomiques clés aux stress osmotiques chez de nombreuses espèces, dont le caractère adaptatif apparaît évident puisqu'une augmentation du ratio masse des racines/masse de la canopée maximise la surface d'absorption de l'eau en diminuant la surface d'évaporation (Munns, 2002).

### - Effet Sur les échanges gazeux et la photosynthèse

D'après Alem et *al.*(2002) la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale. Selon Munns (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Price et Hendry, 1991 ; Allen, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique (Orcutt et Nilsen, 2000). La diffusion du CO<sub>2</sub> à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent la régénération du RuBP (RibuloseBiphosphate) devient limitée.

### - Effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction

Selon Hu et *al.* (2005) la salinité réduit le taux de croissance de la plante et ses organes reproducteurs. Ils ont étudié l'effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction, ils ont constaté que le nombre du pollen dans deux différents types de cultivars de l'orge a été réduit de 24 à 37%. Des études réalisées par Munns et Rawson (1999), sur l'effet de l'accumulation du sel dans le méristème de l'orge sur la reproduction et le développement, montrent que les courtes périodes de stress salin pendant l'organogenèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi, elle provoque l'avortement des ovaires.

### - Effet de la salinité sur le rendement agronomique

Les composantes du rendement tels que le nombre de talles par plante, les nombres d'épis, le nombre d'épillets par épi et le poids du grain, sont élaborés de façon séquentielle dans le temps. Munns et Rawson (1999) ont montré que tous les paramètres de rendement subissent une réduction sous l'action de la salinité et que, plus la salinité est élevée plus le rendement est réduit. Lorsque l'orge est soumis à un stress salin au cours de l'épiaison ou la différenciation de l'épi, le nombre d'épillets par épi est réduit ainsi que le nombre des grains .ainsi ils ont montré que la salinité a un effet néfaste sur la remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage des grains. La salinité diminue le rendement plus souvent en réduisant le nombre de pointes portant les épillets, le poids de l'épi et le poids de 1000 graines (Munns et Rawson, 1999).



***CHAPITRE 3 :***  
MATERIEL ET METHODES

1) Objectif de l'expérimentation

Notre expérimentation est basée sur la mise en germination des grains d'une espèce halophyte locale du genre *Atriplex* ; *Atriplexhalimus* L., sous un stress abiotiques, afin de calcule leur taux de germination, durent 17 jours. Dans le but de valoriser ces espèces en découvrant leur capacité de résistance aux conditions agressives extérieures comme la salinité liées aux régions de leur répartition et à la lutte contre différentes problématiques de l'environnement.

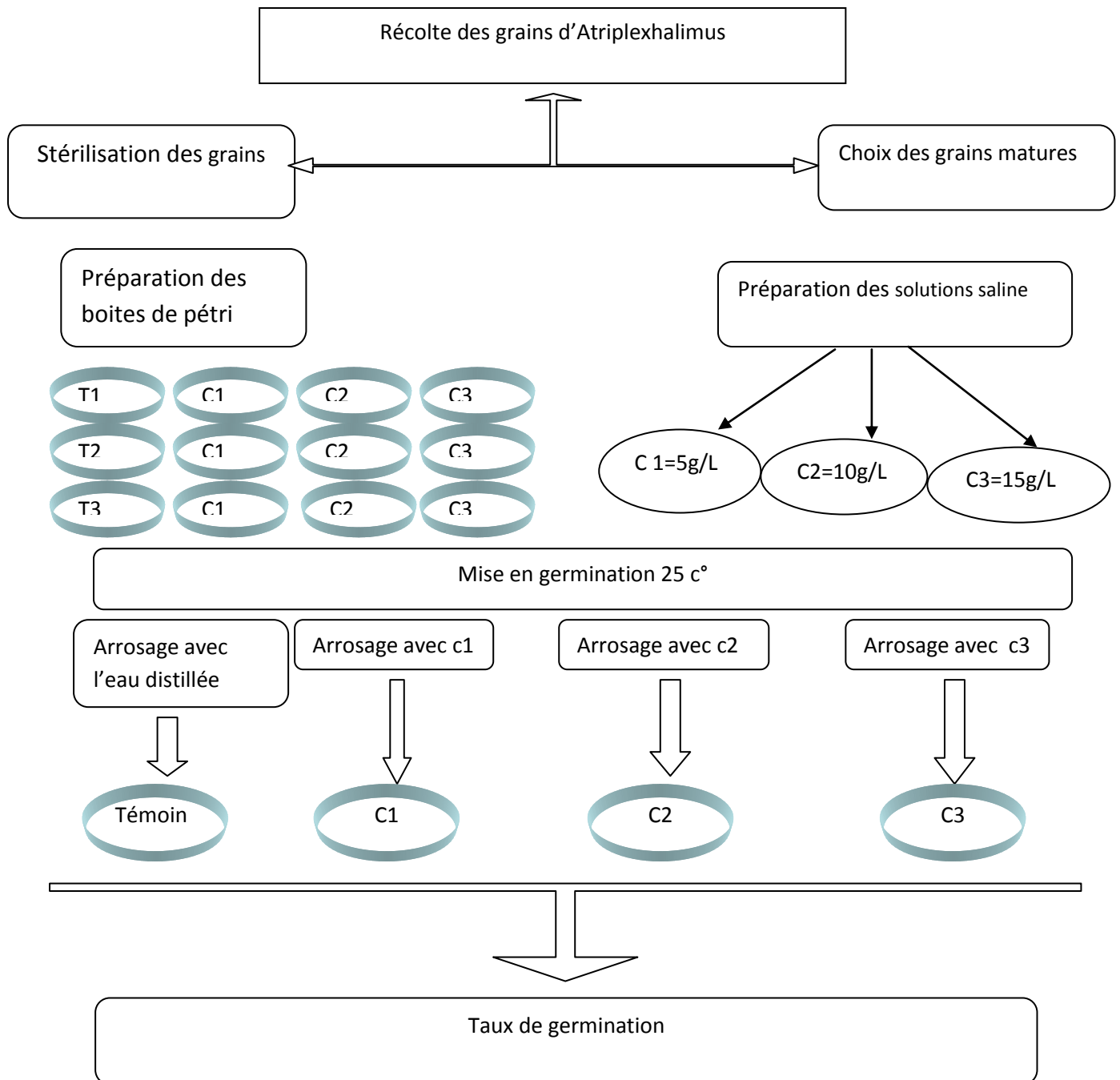


Figure 01 : Schéma du Protocole expérimental

**2) Site de récolte des grains :****Grains récolté de 3 stations de la zone steppique wilaya de Saida :**

- Station 1 Maamoura
- Station 2 Ainskhouna
- Station 3 Sidi ahmed

**3) Choix du Matériel végétal :** les graines d'atriplexhalimus**4) Choix et Préparation des grains :****4.1) les graines matures :**

Après avoir apporté les graines, Les grains sont choisis selon la taille et l'état sanitaire Nous le mettons dans un béccher rempli d'eau distillée et tiède pendant 8 heures. Elles sont séparées manuellement par le test de flottaison des graines, Les graines pleines et mâtures tombent au fond, celles qui flottent à la surface sont soit immatures ou mortes et donc écartées.

Les graines pleines et mâtures tombent au fond, celles qui flottent à la surface sont soit immatures ou mortes.



Photo 08 : Test et sélection des graines pleines et mâtures



Photo09 : Désinfections des graines par l'eau de javelle

**4.2) Désinfections des graines :**

Les graines destinées à la germination sont préalablement désinfectées par l'eau de javela 5% (Photo09). pendant 5 minutes puis rincées abondamment à l'eau distillée pour éliminer toute trace d'eau de javel .

**5) Préparation des boîtes de pétri :**

Les boîtes de pétri que nous avons utilisées sont des boîtes stériles de 10 cm de diamètre et de 1 cm d'épaisseur contiens un papier filtre. Le nombre de boîtes de pétri utilisées est 03 boîtes pour chaque traitement.

**6) Préparation de solution saline :**

Pour l'application de stress salin nous avons préparé 3 solutions salines à différentes concentrations

C1 : 5 g /L

C2 : 10 g /L

C3 : 15 g/L

**7) Mise en germination des graines :**

Photo10 : Préparation des boîtes de pétri et placement des graines

Dans chacune des boîtes, nous avons placé 10 graines sur du papier filtre imbibé de l'eau distillée pour les boîtes témoin et des solutions salines de différentes concentrations pour les autres boîtes.

- Nous mettons les boîtes de pétri au étuve à une température de 25 degrés
- Nous arrosons les graines en différentes concentrations dans les boîtes de pétri.
- Nous calculons le nombre de graines germées chaque jour pendant 17 jours



Photo11 : Arrosage des graines par des différentes concentrations

### 9) Méthodes d'expression des résultats :

La germination des graines est exprimée par les paramètres suivants :

- **le temps de latence (TL)** : Signifie le début de la germination, est exprimé en jours.
- **la durée de germination (DG)** : c'est le nombre de jours pour l'achèvement de la germination.
- **le taux final de graines germées (TFG)** ou capacité de germination exprimé en %.
- **la vitesse de germination**, exprimée en temps moyen de germination (**TMG**) évaluée en jours.
- **le taux de germination** obtenu à un moment donné, par le temps moyen (**T50**) qui correspond à la germination de 50% du lot de graines.
- **La précocité de germination ou temps de latence (TL)** :

Ce paramètre est déterminé lorsque nous observons les premières graines germées. Dans ce cas, la précocité de la germination est exprimée par le nombre de jours nécessaires pour le déclenchement de la germination et qui correspondent à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées (Belkhodja, 1996).

- **Temps moyen de germination (TMG) et Temps moyen (T50)** :

Elle peut s'exprimer par différentes méthodes :

Temps Moyen de Germination : c'est un mode d'expression de la vitesse de germination d'une population de semences mises à germer dans des conditions contrôlées. Le temps moyen de germination (TMG) se calcule de la façon suivante selon Redondo-Gomez et al. (2007) :

$$\text{TMG} = \frac{\sum (N_i \times D_i)}{N}$$



Où  $N_i$  est le nombre de graines germées au jour  $i$ ,  $D_i$  est la période de germination en jours et  $N$  est le nombre total de graines germées. Et par le temps nécessaire à l'obtention de 50 % du taux de germination final (T50) (Gholami et al., 2015)..

- **Taux final de germination (TFG) :**

Sur la base du nombre total de graines utilisées ( $N_t$ ), nous calculons le pourcentage final ou maximum des graines germées ( $N_i$ ) selon la relation :

$$\text{TFG} = N_i \times 100 / N_t$$

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification des conditions environnementales qui présentent la limite physiologique de germination des graines (Maraghni et al., 2010).



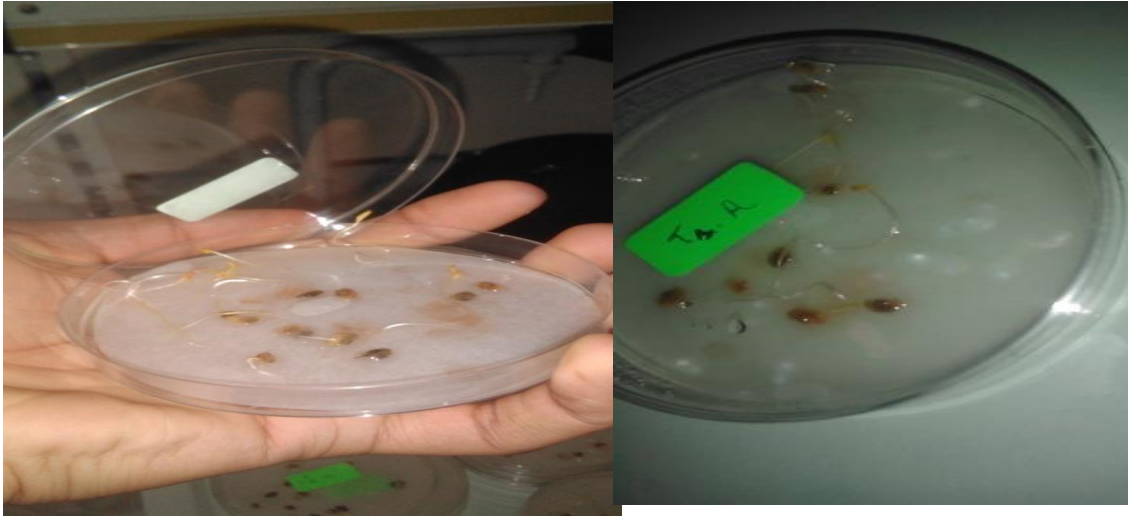
***Chapitre 4 :***  
**RESULTATS ET DISCUSSION**

1) Traitements statistiques :

Pour le lot témoin ainsi que pour chacun des concentrations salin, les résultats obtenus sur trois répétitions à raison 10 graines par boîte de Pétri sont statistiquement analysées par le logiciel mini tab pour Windows7.(annexes 01 ,02 et 03)

**Tableau 03** : les resultats de germination pour les trois station

Station 01				
Maamora				
	Témoin 1	C 1	C 2	C3
temps de latence (TL)	3	3	4	4
TGF%	86,66	76,66	70	33,33
TGM%	69,40	59,8	49,41	21,17
Station 02				
Ain shkouna				
	Témoin 1	C 1	C 2	C 3
temps de latence (TL)	2	2	2	2
TGF%	93,33	86,66	76,66	36,66
TGM%	73,13	65,29	54,70	26,27
Station 03				
Sidi ahmed				
	Témoin 1	C 1	C 2	C 3
temps de latence (TL)	3	3	3	4
TGF%	90	73,33	63,33	33,33
TGM%	71,76	58,42	48,42	16,07



**Photo12** : graines témoin germinées de la station 01(maamoura)

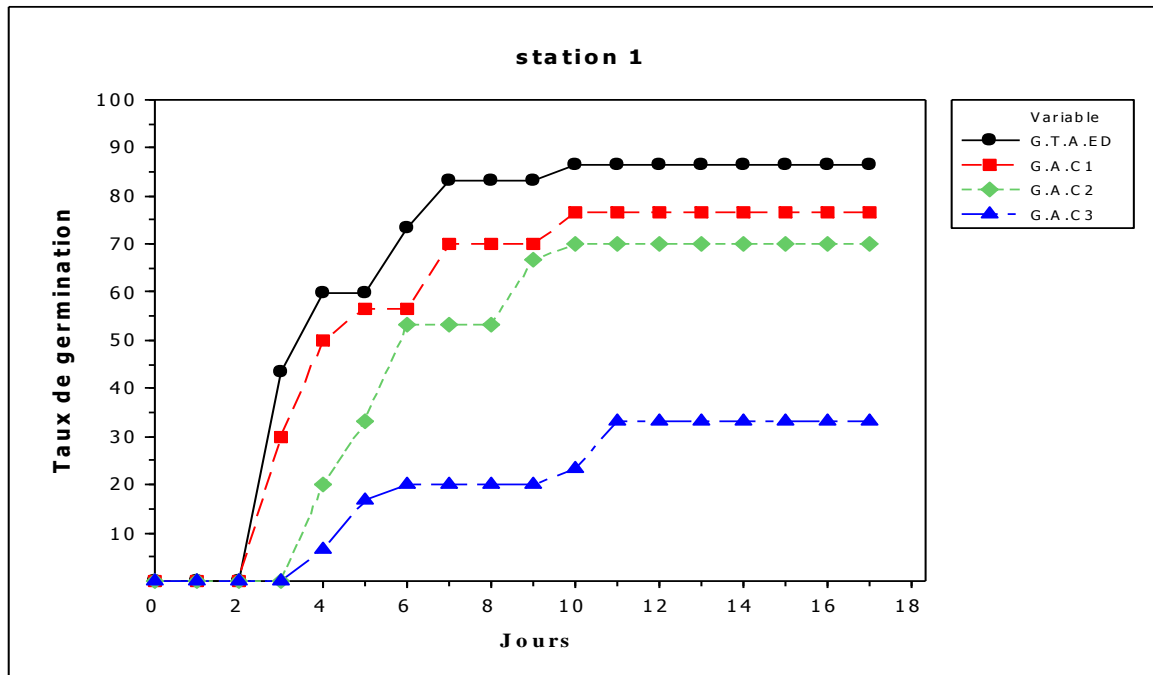
## 2) Les résultats de stress salin sur les grains de la station 01(maamoura) :

Les données de la figure02, illustrant l'effet des concentrations croissantes de NaCl sur le taux de germination des graines d'*Atriplex halimus*, montrent que la présence de NaCl ralentit la vitesse de germination des graines d'*Atriplex halimus* de la station 1.

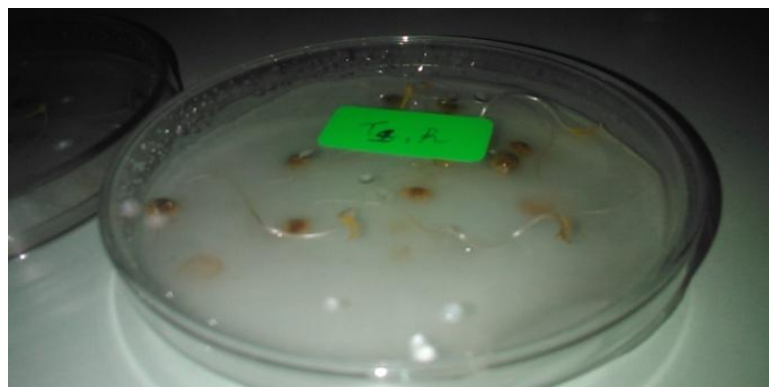
En effet l'augmentation de la concentration en NaCl provoque une diminution dans le taux de germination, le temps de latence LT est de 3 jours pour les graines témoins et les graines arrosées par la solution C1, alors qu'il est de 4 jours pour les concentrations C2 et C3.

Le temps moyen de germination TGM est de 69% pour les graines témoins, 60 % pour les graines arrosées par la solution C1, 50% pour les graines arrosées par la solution C2 et 21% pour les graines arrosées par la solution C3.

Le taux final de germination TFG est de 86 % pour les graines témoins, 76 % pour les graines arrosées par la solution C1, 70% pour les graines arrosées par la solution C2 et 33 % pour les graines arrosées par la solution C3. Ce taux est obtenu au bout de 10 jours pour les solutions témoin, C1 et C2, et de 12 jours pour les graines arrosées par la solution C3.



**Figure 02 :** effet du stress salin sur la germination des graines d'*Atriplexhalimus* de la station01(maamoura).



**Photo 13 :** graines témoins germinées de la station 02(ain skhouna)

### 3) Les résultats de stress salin sur les grains de la station 02(ain skhouna) :

Le comportement des graines d'*Atriplexhalimus* par rapport aux différentes concentrations de NaCl est comparable au comportement de graines de la station 1, les résultats présentés dans le graphique ci-dessous (figure03) montrent que la présence de NaCl provoque une diminution dans le taux de germination, le temps de latence LT est de 2 jours pour l'ensemble des graines que se soit témoins, ou bien les autres graines arrosées par les différentes solutions .

Le temps moyen de germination TGM est de 73 % pour les graines témoins, 65 % pour les graines arrosées par la solution C1, 55% pour les graines arrosées par la solution C2 et 26 % pour les graines arrosées par la solution C3.

Le taux final de germination TFG est de 93% pour les graines témoins, 87 % pour les graines arrosées par la solution C1, 77% pour les graines arrosées par la solution C2 et 37% pour les graines arrosées par la solution C3. Ce taux est obtenu au bout de 8 jours pour les solutions témoin, 9 jours pour les graines arrosées par la solution C1, 10 pour les graines arrosées par la solution C2 et de 13 jours pour la solution C3.

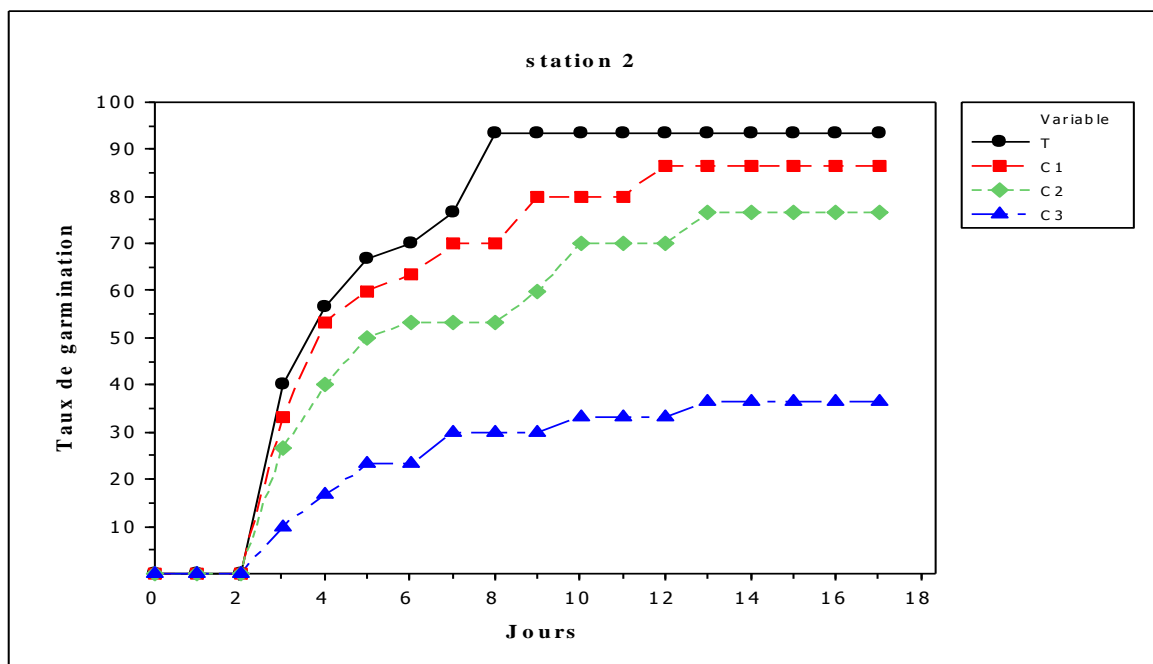


Figure 03 : effet du stress salin sur la germination des graines d'*Atriplexhalimus* de la station 2(ain skhouna).

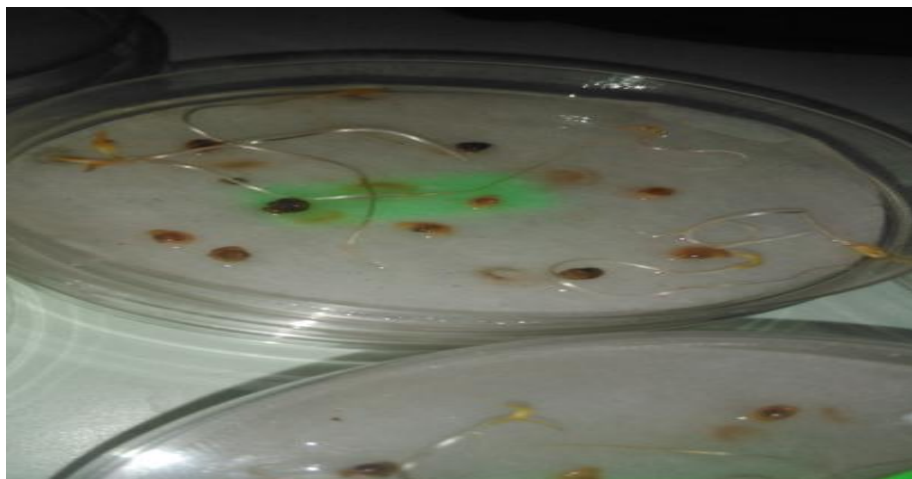


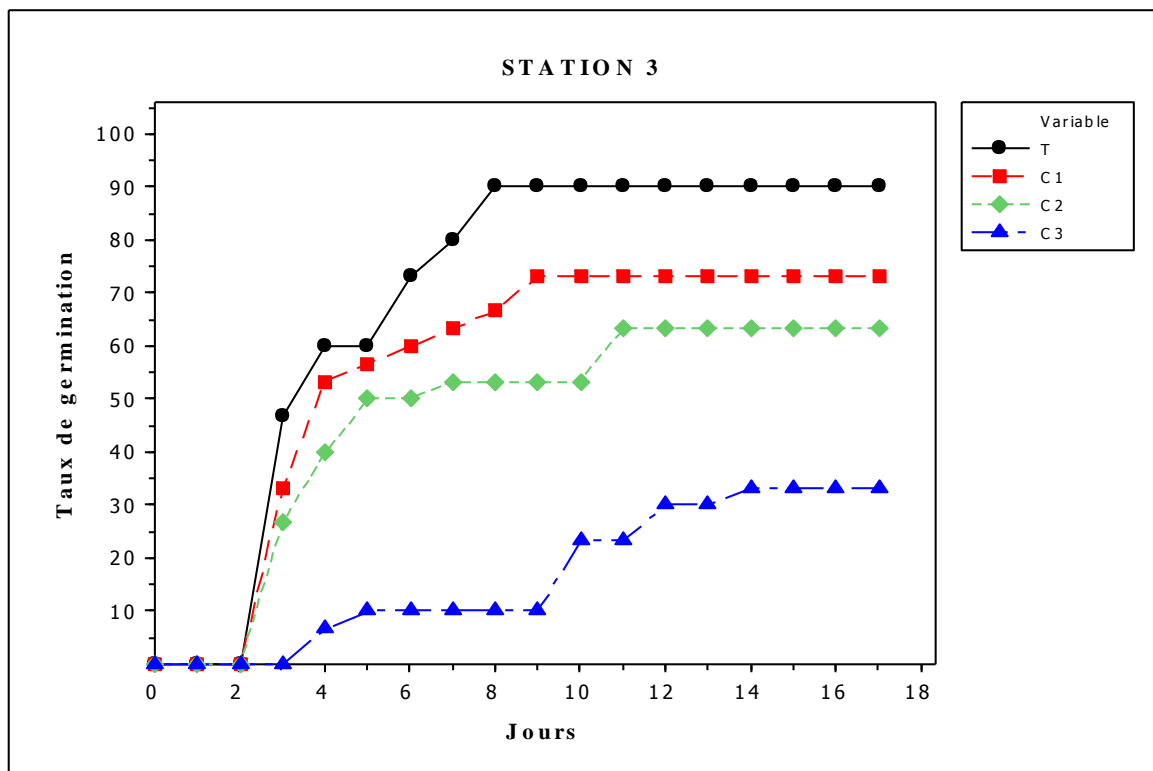
Photo 14 : graines témoins germinées de la station03(sidi ahmed)

#### 4) Les résultats de stress salin sur les grains de la station 03(sidi ahmed) :

Pour la station 3 (figure04) le temps de latence LT est de 2 jours pour les grains témoins et les grains arrosés par la solution C1 et C2, alors qu'il est de 3 jours pour la concentration C1.

Le temps moyen de germination TGM est de 72% pour les grains témoins, 58 % pour les grains arrosés par la solution C1, 48% pour les grains arrosés par la solution C2 et 16 % pour les grains arrosés par la solution C3.

Le taux final de germination TFG est de 93 % pour les grains témoins, 73 % pour les grains arrosés par la solution C1, 63% pour les grains arrosés par la solution C2 et 33% pour les grains arrosés par la solution C3. Ce taux est obtenu au bout de 8 jours pour les grains arrosés par la solution témoin, 9 jours pour les grains arrosés par la solution C1 et C2 et de 12 jours pour les grains arrosés par la solution C3.



**Figure 04 :** effet du stress salin sur la germination des grains d'*Atriplexhalimus* de la station 3(sidi ahmed) .

**Discussion :**

Les résultats obtenus de l'effet du stress salin sur la germination des graines d'*Atriplexhalimus* des trois stations pendant 17 jours montrent clairement l'effet négatif sur la germination de ces graines, en effet, les graines d'*Atriplexhalimus* germent mieux en absence du sel ou dans un milieu enrichi de NaCl à faible concentration (5g/l). Lorsque la concentration en sel augmente, une diminution du taux de graines germées se produit sous la concentration de 10g/l de NaCl. Alors qu'une forte dose de sel (15g/l NaCl) produit une forte diminution du nombre de graines germées.

Nos résultats corroborent ceux de Belkhodja et bidai (2004) et Ajmel et al., (2000). En effet, Les *Atriplex*, comme toutes les halophytes, se trouvent confrontés aux problèmes de salinité. En général, dès que la salinité du milieu augmente la vitesse et le taux de germination baissent. Benrebaha (1987) rapporte que la germination des *Atriplexhalimus* et *nummularia* est inhibée dès que la concentration en NaCl dépasse 4 g/l, de même, Souhail et Châabane (2009) signalent que la germination des *Atriplexhalimus*, *canescens* et *nummularia* est inhibée à partir d'une concentration de 8g/l de NaCl. D'autre part, Belkhodja et Bidai (2004) rapportent que les graines d'*Atriplexhalimus* germent mieux en absence ou en présence de NaCl dans le milieu enrichi à faible concentration (100 meq) et dès que la concentration en sel augmente, une réduction des taux de graines germées se produit sous les concentrations intermédiaires (350 meq de NaCl), suivie par une inhibition de la germination pour les graines exposées à haute salinité (600 meq de NaCl).

La germination est une phase physiologique pendant laquelle la graine passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie active (Caboche et al. 1998). Elle est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer : cela commence par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine (Othman 2005) se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon. L'absence de sel chez les grains témoins permet l'absorption d'eaux et le début de la germination par contre aux solutions salin au le NaCl inhibe la germination en limitant l'absorption de l'eau. La germination est souvent entravée par les bractées dures qui protègent fermement le fruit et les graines menant aux problèmes d'indéhiscence d'imperméabilité à l'eau et au gaz et l'impossibilité d'élimination d'éventuelles substances inhibitrices qui peuvent exister dans l'embryon, de plus ces bractées contiennent éventuellement des substances qui inhibent la germination et il est pratique de les enlever pour augmenter le pouvoir germinatif (Pioto et al., 2003).



## Conclusion

---

### Conclusion

Les halophytes sont des plantes naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien, voire mieux dans un environnement salin qu'en conditions normales. Elles représentent la limite supérieure des capacités adaptatives des organismes végétaux à la salinité. Les halophytes, plantes dotées de caractéristiques requises pour tolérer le sel, semblent constituer un outil précieux pour valoriser les sols salés des zones arides et semi-aride menacées par la désertification (khan, 2001).

Les *Atriplex*, espèces fourragères, supportent bien les conditions climatiques et pédologiques des régions arides et semi-arides, mais leur aire de répartition se réduit de plus en plus, par suite de surpâturage et de manque de stratégie de gestion de ces parcours (Benchaabane, 1997). En Algérie *Atriplexhalimus* est une espèce halophyte autochtone qui pousse généralement sur sols salés et en bordures des chotts et des sebkhas. Son importance fourragère s'explique par son contenu élevé en azote, son adaptation à la sécheresse et à la salure, le maintien de son feuillage vert durant toute l'année et par sa tolérance au pâturage (Le Houerou, 2000 ; Nedjimi, 2012).

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade germinatif est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades. La germination des graines nécessite la mobilisation des réserves accumulées au cours de la maturation dont leur dégradation apportera l'énergie nécessaire à la croissance de la plantule. Cette mobilisation est la résultante des activités hydrolytiques qui libèrent les nutriments à partir des tissus de réserve, d'une part, et des mécanismes de leur transport vers les tissus embryonnaires, d'autre part (Mihoub et *al.*, 2005).

Au terme de notre travail qui a visé à l'étude l'effet du stress salin sur la germination des graines *d'Atriplexhalimus* en appliquant différentes concentrations de NaCl, nos résultats fait ressortir :

- les graines de l'espèce *d'Atriplexhalimus* germent mieux en absence du sel ou dans un milieu enrichi de NaCl à faible concentration (0-5g/)
- les graines *d'Atriplexhalimus* étudiées peuvent germer en présence de concentration relativement élevée en sel (10-15g/L).

## Conclusion

---

- la présence de NaCl ralentit la vitesse de germination des graines *d'Atriplexhalimus*
- Le pourcentage de germination diminue significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl.

## Références bibliographiques :

- **APG (AngiospermPhylogeny Group)1998:** An ordinal classification for the families of flowering plants. *Ann Mo Bot Gard* 85:531–553.
- **Adel, J. et Bader, J. (2002)** Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Proceeding of the International Symposium on optimum resources utilization in salt-affected Ecosystems in arid and semi-arid regions*, Cairo, Egypt, p.102.
- **ABAAB A. BEDRANI S., BOURBOUZE A. et CHICHE J., 1995.** Les politiques agricoles et la dynamique des systèmes agropastoraux au Maghreb. In: *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options Méditerranéennes*, (CIHEAM., Montpellier), Sér. B, 14 : 139-165.
- **Abbou ET Zagharia 2018** Variabilité des caractères morphologiques des Populations naturelles d'*Atriplex* subsp. *halimus* et subsp. *Schweinfurthii* Cas Mostaganem Oran Master enaGrOnOMIe Spécialité: Amélioration des productions végétales
- **BENREBIHA F Z., 1987.** Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Mémoire de magister en sciences agronomiques, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger: 5- 20.
  - **Benrebiha, F.Z-1987** contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales introduites, .Thèse ING d'état. Univ. tlemcen:17,18
- **Baillon HE 1887** Histoire des plantes. Vol 5. Librairie Hachette, Paris.
- **Benabid A., 2000-** Flore et écosystème du Maroc évaluation et préservation de la biodiversité. *Ibiss Press*. 359p.
- **Ben Ahmed, h, Zid, E, EL Gazzah. M, et Gringnom. C. (1996)** croissance et accumulation ionique chez l'*Atriplex halimus* L. *Cahiers (Agriculture)* vol.5 décembre 2004 15(4) : 331-5.
- **Berri R (2009)** Ingénieur d'Etat Spécialité: agronomie saharienne , Contribution a la détermination de la biomasse consommable d'une halophyte : *Atriplex* : P19

## Références bibliographiques :

- **Ben Naceur, M., Rahmoune, C., Sdiri, H, Meddahi, M. L. et Selmi, M. (2001)** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sciences et changements planétaires/ sécheresse. Vol. 12, n° 3, pp. 74-167.
- **Bouda, S., Baaziz, M. et Haddioui, A. (2006)**Effect of salinity on germination of genus *Atriplex*. Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole. Faculté des sciences et techniques, Settat, Maroc, p. 151.
  - **BELHASSEN E., THIS D., MONNEUVEUX P., 1995.**  
L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. Cahiers agricultures; 4 : 251-261.
- **BENNACEUR M., RAHMOUNE C., SDIRI H., MEDDAHI M.L. ET SELMI M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé ; Science et changements planétaires. Sécheresse, Volume 12, Numéro 3, p.167-74.
- **BANOUEH Kamal 2007** contribution à l'étude physiologique et Anatomique de l'espèce *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* cas Mostaganem et Oran, MASTER EN AGRONOMIE
  - **BERRI Rahima 2009**, Contribution to the determination of biomass consumption of halophyte: *Atriplex* ,Ingénieur d'Etat Spécialité: agronomie saharienne Option : Elevage en zone aride .
- **Ben Naceur, M., Ben Salem, M., Rouissi, M., El Berji, Z. et Rahmoune, C. (2002)** Influence du manque d'eau sur le comportement écophysologique de quatre variétés de blé dur. Annales de l'INRGEF. Vol. 5, pp. 133-152.
- **(Castroviejo., 1990).- Castroviejo M., Inbar M., Gomez - Villar A., Garcia Ruiz J M., 1990:** Cambios en el cauceaguas abajo de unapresa de retención de sedimentos », I Reunion Nacional de Geomorfología, Teruel : 457-468. 13
- **Chalandre, M. C. (2000)** Sous-classe des Caryophyllidées. Éléments de Botanique. Biologie et recherche. 15 p.

## Références bibliographiques :

- **François J. Morot. G , Roger P Biologie végétale (2009) – Vol 2,** croissance et développement.
- **Francllet A. et Le-Houérou H.N., 1971 -** Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du Nord. Doct. F.A.O. Rome 1971. p 249 et p 189.
  - **Gravot, A. (2007) Réponses aux stress chez les végétaux.** Présentation power point.
- **Gravot, A. (2008) Le stress chez les végétaux.** Cours de biologie végétale. 20p.
- **Maire.R.,1962** carte phyto geologique de l'Algérie et de la tunisie. Baconnier Alger 78 p
- **Maire.R., 1962** cartes phyto geologique de l'Algérie et de la tunisie. Baconnier Alger 78p
- **Meyer - S, Reeb - C, Bosdeveix - R, 2004–** Botanique, biologie et physiologie végétale. Ed Moline, Paris, 461 p.73.
- **MONNEVEUX P., THIS D., 1997.** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficulté. Sècheresse, 8 (1).
  - **Maalem, S. (2002) Etude écophysiological de trois espèces halophytes du genre Atriplex (A.canescens A., halimus et A. nummularia) soumises à l'engraisement**
- **Mulas, M. (2004) Potentialité d'utilisation stratégique des plantes des genres Atriplex et Opuntia dans la lutte contre la desertification.** Short and Medium, TermPriorityEnvironmental Action Programme (SMAP) Février 2004. 91p.
- **Maalem, S. et Rahmoune, C. (2009) Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some Atriplex species.** American-Eurasian Journal of Toxicologic Sciences. Vol. 1, n°2, pp. 43-49
- **Naha Fatima 2018** Physiologie de la germination des grains Atriplexhalimus L. et Atriplexcanescens (Pursh) Nutt.Cas

## Références bibliographiques :

Mostaganem et Oran, Master en Agronomie, Spécialité : Amélioration des Productions Végétales

- **Ozenda P., 2006** Les végétaux : organisation et diversité biologique. 2ème Ed p 383.
- **Ozenda P. Flore du Sahara. Paris** : Centrenational de la recherche scientifique (CNRS), 1977 ; 622 p.6
- **Quezel, P. et Santana, S. 1962** – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale. Editions CNRS. Paris. pp. 286-290.
- **Rahmoune, C., Maâlem, S. et Ben Naceur, M. (2004)** Effets comparés de la fertilisation phosphatée sur l'Atriplex cultivé en zone semi-aride du Nord-Est algérien. Plant Physiology. Vol. 3, n°4, pp. 213-217.
- **Rahmoune, C., Semadi, A., Auad, H. et Tahar, A. (1997)** Air quality and lichenic distribution in the northeast Algeria. Proc of Second International Scientific Conference. Science, Development and Environment, Cairo, Egypt, pp. 333-344.
- **Rahmoune, C., Seridi, R., Paul, R. et Drez, P. (2000)** Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. Agricultural Sciences. Vol. 27, n°1, pp. 72-77.
- **Rahmoune, C., Maalem, S, Kadri, K. et Ben Naceur, M. (2008)** Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre Atriplex en zones semi arides. Revue des régions arides. Vol. 2, no 21, pp. 924-929.
- **Rosas, M.R. (1989)** El genero Atriplex (Chenopodiaceae) en Chile. Gayana Bot. Vol. 46, n° 1- 2, pp. 3-82
- **Souayah, N., Khouja, M.L., Rejeb, M.N. et Bouzid, S. (1998)** Micropropagation d'un arbuste sylvo- pastoral, Atriplex halimus L. (Chénopodiacées) pp. 131-135. 65.
- **SLAMA A., BEN SALEM M., BEN NACEUR M., 2005.** Les céréales en Tunisie : production effet de la séchresse et mécanisme de la résistance. Séchresse 16, (3) p.225-229.

## Références bibliographiques :

- **Talamli, A., Dutuit P., Le Thomas A. and Gorenflot R., 2001-** Polygamie chez *Atriplexhalimus* L. (Chenopodiaceae). C.R. Acad. Sci. PARIS, Sciences de la Vie324, pp107-113
- **Talamli A., Bajji M., Le Thomas A., Kinet J- M. and Dutuit P., 2003-**Flower architecture and sexdetermination: how does*Atriplexhalimus*playwith floral morphogenesis and sexgenes? *New Physiologist*157, pp105-113
- **Townsend CC1993**Amaranthaceae. inKKubitzki,ed. Families and generaofvascular plants. Vol2.Springer,Berlin Pages70–91.
- **THOMAS FM., GAUSLING T., 2000.** Morphological and physiocalresponses of oakseedlings (*Quercus ptraea* and *Q. robur* ) to moderatedrought. *Ann. ForSci.* 57 : 325-33.

jours	Station 1											
	Témoïn			C 1			C 2			C 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TG	0			0			0			0		
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TG	0			0			0			0		
03	5	4	4	3	3	3	0	1	0	0	0	0
TG	43,33			30			0			0		
04	6	7	5	4	6	5	2	2	2	1	0	1
TG	60			50			20			6,66		
05	6	7	5	6	6	5	3	4	3	3	1	1
TG	60			56,66			33,33			16,66		
06	6	9	8	6	4	5	5	6	5	3	2	1
TG	73,33			56,66			53,33			20		
07	8	9	8	8	6	7	5	6	5	3	2	1
TG	83,33			70			53,33			20		
08	8	9	8	8	6	7	5	6	5	3	2	1
TG	83,33			70			53,33			20		
09	8	9	8	8	6	7	6	7	7	3	2	1
TG	83,33			70			66,66			20		
10	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	2	1
TG	86,66			76,66			70			23,33		
11	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		
12	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		
13	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		
14	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		
15	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		
16	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		
17	8	9	9	8	8	7	7	7	7	4	3	3
TG	86,66			76,66			70			33,33		

Annexe 01: Taux cumulés de graines germées station 01 (maamoura)



JOURS	STATION 2											
	Témoins 1			C1			C 2			C 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TG	0			0			0			0		
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TG	0			0			0			0		
03	4	5	3	4	3	3	3	3	2	1	2	0
TG	40			33,33			26,67			10		
04	6	6	5	6	5	5	5	4	3	1	2	2
TG	56,66			53,33			40			16,66		
05	9	6	5	6	7	5	6	5	4	3	2	2
TG	66,66			60			50			23,33		
06	9	7	5	7	7	5	6	5	5	3	2	2
TG	70			63,33			53,33			23,33		
07	9	7	7	7	8	6	6	5	5	3	4	2
TG	76,66			70			53,33			30		
08	10	9	9	7	8	6	6	5	5	3	4	2
TG	93,33			70			53,33			30		
09	10	9	9	8	9	7	7	6	5	3	4	2
TG	93,33			80			60			30		
10	10	9	9	8	9	7	7	7	7	3	4	3
TG	93,33			80			70			33,33		
11	10	9	9	8	9	7	7	7	7	3	4	3
TG	93,33			80			70			33,33		
12	10	9	9	8	9	9	7	7	7	3	4	3
TG	93,33			86,66			70			33,33		
13	10	9	9	8	9	9	7	8	8	4	4	3
TG	93,33			86,66			76,66			36,66		
14	10	9	9	8	9	9	7	8	8	4	4	3
TG	93,33			86,66			76,66			36,66		
15	10	9	9	8	9	9	7	8	8	4	4	3
TG	93,33			86,66			76,66			36,66		
16	10	9	9	8	9	9	7	8	8	4	4	3
TG	93,33			86,66			76,66			36,66		
17	10	9	9	8	9	9	7	8	8	4	4	3
TG	93,33			86,66			76,66			36,66		

Annexe 02 : Taux cumulés de graines germées station 02(ainshouna)

JOURS	STATION 3											
	Témoins 1			C 1			C 2			C 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TG	0			0			0			0		
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TG	0			0			0			0		
03	4	3	4	3	3	4	3	3	2	0	0	0
TG	46,66			33,33			26,67			0		
04	7	6	5	6	5	5	5	4	3	0	0	2
TG	60			53,33			40			6,67		
05	7	6	5	6	5	6	6	5	4	0	1	2
TG	60			56,67			50			10		
06	7	7	8	7	5	6	6	5	4	0	1	2
TG	73,33			60			50			10		
07	9	7	8	7	5	7	6	5	5	0	1	2
TG	80			63,33			53,33			10		
08	10	7	10	7	6	7	6	5	5	0	1	2
TG	90			66,66			53,33			10		
09	10	7	10	7	7	8	6	5	5	0	1	2
TG	90			73,33			53,33			10		
10	10	7	10	7	7	8	6	5	5	1	3	3
TG	90			73,33			53,33			23,33		
11	10	7	10	7	7	8	6	6	7	1	3	3
TG	90			73,33			63,33			23,33		
12	10	7	10	7	7	8	6	6	7	2	4	3
TG	90			73,33			63,33			30		
13	10	7	10	7	7	8	6	6	7	2	4	3
TG	90			73,33			63,33			30		
14	10	7	10	7	7	8	6	6	7	3	4	3
TG	90			73,33			63,33			33,33		
15	10	7	10	7	7	8	6	6	7	3	4	3
TG	90			73,33			63,33			33,33		
16	10	7	10	7	7	8	6	6	7	3	4	3
TG	90			73,33			63,33			33,33		
17	10	7	10	7	7	8	6	6	7	3	4	3
TG	90			73,33			63,33			33,33		

Annexe 03 : Taux cumulés de graines germées station de sidi ahmed