

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abdelhamid Ibn Badis -Mostaganem-**  
**Faculté des sciences de la nature et de la vie**  
**DEPARTEMENT D'AGRONOMIE**



UNIVERSITE  
Abdelhamid Ibn Badis  
MOSTAGANEM

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN AGRONOMIE**

**Spécialité : Production végétales**

Par :

**GHENIM Maghnia**

**BENDEHIBA Sabrina**

Thème

**Effet des phytohormones (AS et BAP) et stress hydrique (PEG 1000)  
sur la germination de *Atriplex halimus* L cas de Mostaganem**

Soutenu, le 26/ 06 / 2023, devant le jury composé de :

Mr. MelianiI Hadj Ahmed	M.A.C.C	U. Mostaganem	Président
Mme Hamza. Lahouaria	M.A.C.C	U. Mostaganem	Encadreur
Mme Adjoudj. Fatma	M.C.B	U. Mostaganem	Examineur

**Année universitaire : 2022/2023**

## ***Remerciment***

***Avant tout, je remercie mon Dieu tout puissant qui m'a  
Donné la patience, la volonté, le courage et le savoir pour  
Accomplir ce travail.***

***Nous adressons le grand remerciement à notre Encadreur Madame  
HAMZA. Lahouaria qui nous a proposé le thème de ce mémoire, pour  
Sa Gentillesse, son engagement et ses précieux conseils***

***Nous tenons également à remercier les membres de jury pour  
L'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance***

***Tous particulièrement :***

***Monsieur Meliani Hadj .Ahmed : pour nous avoir fait l'honneur  
De présider le jury de ce mémoire.***

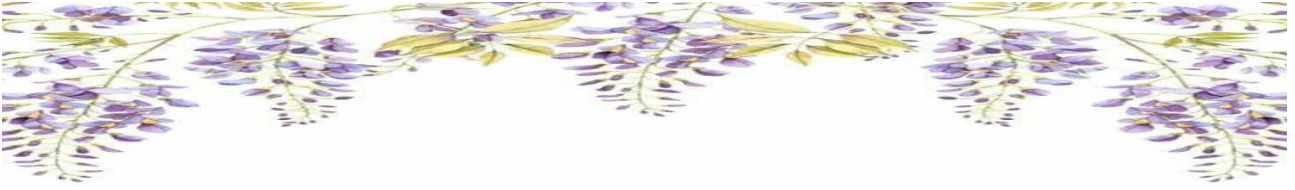
***Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Madame Adjoudj.Fatma  
Pour nous avoir fait l'honneur d'examiner et évaluer ce mémoire.***

***Nous remercions nos enseignants du département d'agronomie de  
L'université Abd El Hamid Ben Badis Mostaganem.***

***Nous sincère remerciements à tous ce qui nous aidé au niveau de les laboratoires  
De science de la nature et de la vie***

***Nous remercions nos chers parents, qui ont toujours été là pour nous.***

***Nous remercions notre famille pour leur encouragement.***



## *Dédicace*

Je dédie ce modeste travail, fruit de mes années d'étude et de patience.

A celui qui m'a offert la vie et à ce que je dois réussir, source de sagesse, et de tendresse qui m'a appris le respect et le sens du devoir et qui a sacrifié le tout pour me voir heureuse.

A toi Mon cher père : *DJILALI*

A la prunelle de mes yeux celle qui m'a poussé moralement, à la femme fière de moi.

A toi Ma chère mère : *HALIMA*

A mon adorable frère : *MOHAMED LAMINE*

A mes belles sœurs : *AYA .CHAHINEZ*

*A tous mes amis*

*A ceux qui m'ont aidé de près ou de loin*

*SABRINA.BENDEHIBA*



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :*

*A celle qui ma arrosé de tendresse et d'espoir, a la source d'amour*

*Incessible, à la mère des sentiments fragiles qui ma bénie par ces prières*

*Houria ma mère.*

*À ma grande mère*

*À mon cher frère Omar*

*À mes chères sœurs Achouria ,Zahia ,Hayat, Mansouria .*

*À toutes les personnes de ma grande famille.*

*À mes meilleurs amies.*

*MAGHNIA. GHANIME*

## Liste des abréviations

**BAP** : La Benzyle-Amino-Purine

**Ppm** : partes par million

**AS** : acide salicylique

**mM** : milli mole

**PEG** : polyéthylène glycol

**MS** : matière sèche

**g/l** : gramme par litre

**CK** : Cytokinine

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°1</b> : Composition chimique de quelques espèces de la famille des chénopodiacées.....	05
<b>Tableau N°2</b> : Répartition numérique des espèces d' <i>Atriplex</i> dans le monde.....	09
<b>Tableau N°3</b> : Répartition des différentes espèces d' <i>Atriplex en</i> Algérie.....	11
<b>Tableau N°4</b> : Les <i>Atriplex</i> en Afrique du nord (FAO, 1971).....	12
<b>Tableau N°5</b> : Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g/l).....	25
<b>Tableau N°6</b> : Cytokinines Zéatine et Kinétine .....	29
<b>Tableau N°7</b> : Composition chimique moyenne d' <i>Atriplex halimus</i> en % de la Ms.....	41
<b>Tableau N°8</b> : Production d'une population d' <i>Atriplex</i> .....	43

## Liste des figures

<b>Figure N°1</b> : Répartition des <i>Atriplex</i> dans le monde .....	08
<b>Figure N°2</b> : Carte géographique de <i>l'Atriplex halimus</i> en Algérie.....	10
<b>Figure N°3</b> : Touffe d' <i>Atriplex halimus</i> .....	14
<b>Figure N°4</b> : Fleur d' <i>Atriplex halimus</i> .....	15
<b>Figure N°5</b> : Feuille d' <i>Atriplex halimus</i> .....	15
<b>Figure N°6</b> : Graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	17
<b>Figure N°7</b> : valves fructifères .....	18
<b>Figure N°8</b> : Structure de l'acide salicylique.....	26
<b>Figure N°9</b> : Biosynthèse de l'acide salicylique.....	26
<b>Figure N°10</b> : Structures des cytokinines naturelles.....	30
<b>Figure N°11</b> : Principaux rôles des cytoknines dans la plante.....	34
<b>Figure N°12</b> : structure chimique de BAP.....	44
<b>Figure N°13</b> : Carte du site Matarba.....	44
<b>Figure N°14</b> : Site de Matarba.....	47
<b>Figure N°15</b> : Mise en culture des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	49
<b>Figure N°16</b> : Effet de l'acide salicylique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> ..	50
<b>Figure N°17</b> : Effet du BAp sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	51
<b>Figure N°18</b> : Effet conjugué de l'acide salicylique (1mM) et du stress hydrique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	51
<b>Figure N°19</b> : Effet conjugué de l'acide salicylique (0.75mM) et du stress hydrique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	52
<b>Figure N°20</b> : Effet conjugué de l'acide salicylique (0.5mM) et du stress hydrique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	53.
<b>Figure N° 21</b> : Effet conjugué du BAP (10ppm) et du stress hydrique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	53

<b>Figure N°22</b> : Effet conjugué du BAP (20ppm) et du stress hydrique sur la germination des graines <i>d'Atriplex halimus</i> .....	54
<b>Figure N°23</b> : Effet conjugué du BAP (30ppm) et du stress hydrique sur la germination des graines <i>d'Atriplex halimus</i> .....	55
<b>Figure N°24</b> : Vitesse de germination (CV) des graines <i>d'Atriplex halimus</i> sous effet conjugué l'acide salicylique (1mM) et du stress hydrique PEG .....	55
<b>Figure N°25</b> : Vitesse de germination (CV) des graines <i>d'Atriplex halimus</i> sous effet conjugué l'acide salicylique (0.75mM) et du stress hydrique PEG .....	56
<b>Figure N°26</b> : Vitesse de germination (CV) des graines <i>d'Atriplex halimus</i> sous effet conjugué l'acide salicylique (0.5mM) et du stress hydrique PEG.....	56
<b>Figure N°27</b> : Vitesse de germination (CV) des graines <i>d'Atriplex halimus</i> sous effet conjugué du BAP (10ppm) et du stress hydrique PEG.....	57
<b>Figure N°28</b> : Vitesse de germination (CV) des graines <i>d'Atriplex halimus</i> sous effet conjugué du BAP (20ppm) et du stress hydrique PEG.....	57
<b>Figure N°29</b> : Vitesse de germination (CV) des graines <i>d'Atriplex halimus</i> sous effet conjugué du BAP (30ppm) et du stress hydrique PEG .....	58



## Résumé

La présente étude est réalisée dans l'objectif de comparer les niveaux de tolérance au stress hydrique, nous avons dans un premier temps testé différents prétraitements à l'hormone acide salicylique et cytokinine BAP.

De ce fait, nous avons pu déterminer les conditions optimales de germination, puis nous avons exploité ces résultats dans le but d'évaluer l'aptitude à la germination de l'espèce sous différentes contraintes de stress hydrique par un traitement au PEG. À cet effet, nous avons soumis les graines à différentes concentrations de PEG (10,15, et 20%).

Les résultats montrent une nette amélioration de germination des graines d'*Atriplex halimus* avec les concentrations de l'AS de 1 et 0.5mM ou on a obtenu un taux de germination de 92 %. Un prétraitement à cytokinine (BAP) aux concentrations 10 ppm, 20 ppm a également amélioré le taux de germination des graines par rapport au témoin.

L'effet combiné de l'AS et stress hydrique marque un taux de germination moins élevé, les graines traitées avec 1mM de l'acide salicylique et stressé à 20% de PEG, la germination accuse un retard de sept jours et un faible taux de germination de (10%).

Le traitement avec l'hormone BAP (10, 20 ppm) et le PEG à 20 % marque une vitesse de germination moins, généralement un retard dans la germination. On peut dire que les concentrations d'hormones l'AS de 0.75 et 1mM et un traitement de PEG à 20% a nettement influencé la vitesse de germination.

Mots clés : *Atriplex halimus*, germination, Acide salicylique, BAP, stress hydrique(PEG).

## Summary

The present study is carried out with the aim of comparing the levels of tolerance to water stress; we first tested different prétraitements with the hormones salicylic acid and cytokinine BAP.

As a result, we were able to determine the optimal germination conditions, and then we used these results to assess the germination ability of the species under different water stress constraints by PEG treatment. For this purpose, we subjected the seeds to different concentrations of PEG (10.15 and 20 %).

The results show a clear improvement in the germination of seeds of *Atriplex halimus* with AS concentrations of 1 and 0.5mM where a germination rate of 92% was obtained. cytokinine pretreatment (BAP) at 10ppm concentrations, 20ppm also improved the seed germination rate compared to the control.

The combined affect of SA and water stress marks a lower germination rate, seeds treated with 1 mM salicylic acid and stressed with 20 % PEG, germination is delayed by seven days and a low rate of germination of (10 %).

Treatment with the hormone BAP (10, 20ppm) and PEG at 20% marks a lower germination rate, usually a delay in germination. It can be said that the SA hormone concentrations of 0.75 and 1 mM and a 20 % PEG treatment clearly influenced the germination rate.

Keywords: *Atriplex halimus*, germination, salicylic acid, BAP, water stress (PEG)

## ملخص

أجريت الدراسة الحالية بهدف مقارنة مستويات تحمل الإجهاد المائي ؛ اختبرنا أولاً مقدمات مختلفة باستخدام هرمونات حمض الساليسيليك والسيتوكينين BAP.

نتيجة لذلك ، تمكنا من تحديد ظروف الإنبات المثلى ، ثم استخدمنا هذه النتائج لتقييم قدرة الإنبات للأنواع تحت قيود الإجهاد المائي المختلفة عن طريق معالجة PEG. لهذا الغرض ، أخضعنا البذور لتركيزات مختلفة من (10.15 PEG و 20%)

أظهرت النتائج تحسناً واضحاً في إنبات بذور 92%. المعالجة السيتوكينين بتركيزات 10% ، 20% حسنت أيضاً معدل إنبات البذور مقارنة بالتحكم

يشير التأثير المشترك لـ حمض الساليسيليك والإجهاد المائي إلى معدل إنبات أقل ، والبذور المعالجة بـ 1 ملي مولار من حمض الساليسيليك والمجهد بـ 20% PEG ، ويتأخر الإنبات لمدة سبعة أيام ومعدل إنبات منخفض (10%).

يمثل العلاج بهرمون BAP ، (10%، 20%) و PEG بنسبة 20% معدل إنبات أقل ، وعادة ما يكون تأخير في الإنبات. يمكن القول أن تركيزات هرمون SA من 0.75 و 1 ملي مولار و 20% علاج PEG أثرت بشكل واضح على معدل الإنبات.

الكلمات الرئيسية: *Atriplex halimus* ، الإنبات ، حمض الساليسيليك ، BAP ، الإجهاد المائي (PEG)

## Sommaire

Remerciement

Résumé

Introduction

### Chapitre I : recherche bibliographique

1.1. <i>Atriplex</i> .....	1
1.1.1. Présentation des <i>Atriplex</i> .....	1
1.1.2. Les espèces les plus répons du genre <i>Atriplex</i> .....	1
1.1.3. La famille des Chénopodiacées (Amaranthacées).....	2
1.1.4. Le genre <i>Atriplex</i> .....	3
1.1.5. Généralité sur l' <i>Atriplex halimus</i> .....	4
1.1.6. Aire de répartition.....	5
1.1.6.1. Dans le monde.....	5
1.1.6.2. En Algérie.....	7
1.1.7. Classification.....	10
1.1.8. Biologie de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	11
1.1.8.1. Morphologie de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	11
1.1.9. Physiologie de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	16
1.2. La germination.....	19
1.2.1. Définition.....	19
1.2.2. Les phases de la germination.....	19
1.2.3. Les conditions de la germination.....	20
1.2.3.1. Conditions externes.....	20
1.2.3.2. Conditions internes.....	20
1.2.4. Germination de l' <i>Atriplex halimus</i> .....	21
1.3. Les phytohormones.....	22
1.3.1. Définition des phytohormones.....	22
1.3.1.1. La Production des phytohormones.....	22
1.3.1.2. Les différents Phytohormones.....	22
1.3.1.3. Effets des phytohormones.....	23
1.3.2. Définition de l'acide salicylique.....	24
1.3.2.1. Propriétés physico-chimique de l'acide salicylique.....	24
1.3.2.2. Biosynthèse de l'acide salicylique.....	25

1.3.2.3.Le Rôle de l'acide salicylique.....	26
1.3.2.4.Effet physiologique de l'acide salicylique.....	27
1.3.3. Les cytokinines.....	27
1.3.3.1.Caractéristiques structurales et biosynthèse des cytokinines.....	30
1.3.3.2.Le biologique des cytokinines.....	31
1.3.3.3.Rôles physiologiques et mode d'action des cytokinines.....	32
1.3.3.4.L'importance Des cytokinines.....	34
1.3.4. La Benzyle-Amino-Purine (BAP).....	34
1.3.4.1.Structure chimique de Benzyle-Amino-Purine (BAP).....	35
1.3.4.2.Benzyle-Amino-Purine (BAP) et la germination.....	35
1.4.Stresse hydrique.....	37
1.4.1. Notion de stress.....	37
1.4.2. Le stress hydrique.....	37
1.4.2.1.Paramètres affectés par le stress hydrique.....	37
1.4.2.2.Effet du stress hydrique sur les plantes.....	38
1.4.2.3.Stress hydrique et germination.....	40
1.4.3. Polyéthylène glycol (PEG-1000).....	40
1.4.3.1.Structure et propriétés de PEG.....	41
1.4.3.2.Rôle du PEG.....	41
1.5.Intérêts des Atriplex .....	42
1.5.1. Intérêt fourrager.....	42
1.5.2. Mise en valeur des sols pauvres.....	42
1.5.3. Mises en valeur des sols salés.....	43
1.5.4. Intérêt écologique.....	43
1.5.5. Intérêt économique.....	44

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

2.1.Choix de Matériel végétale.....	45
2.2.Choix de site.....	45
2.3.Solutions d'Hormones.....	46
2.4.Protocole expérimentale.....	47
2.5.Mise en culture.....	48
2.6.Détermination des paramètres de germination.....	49

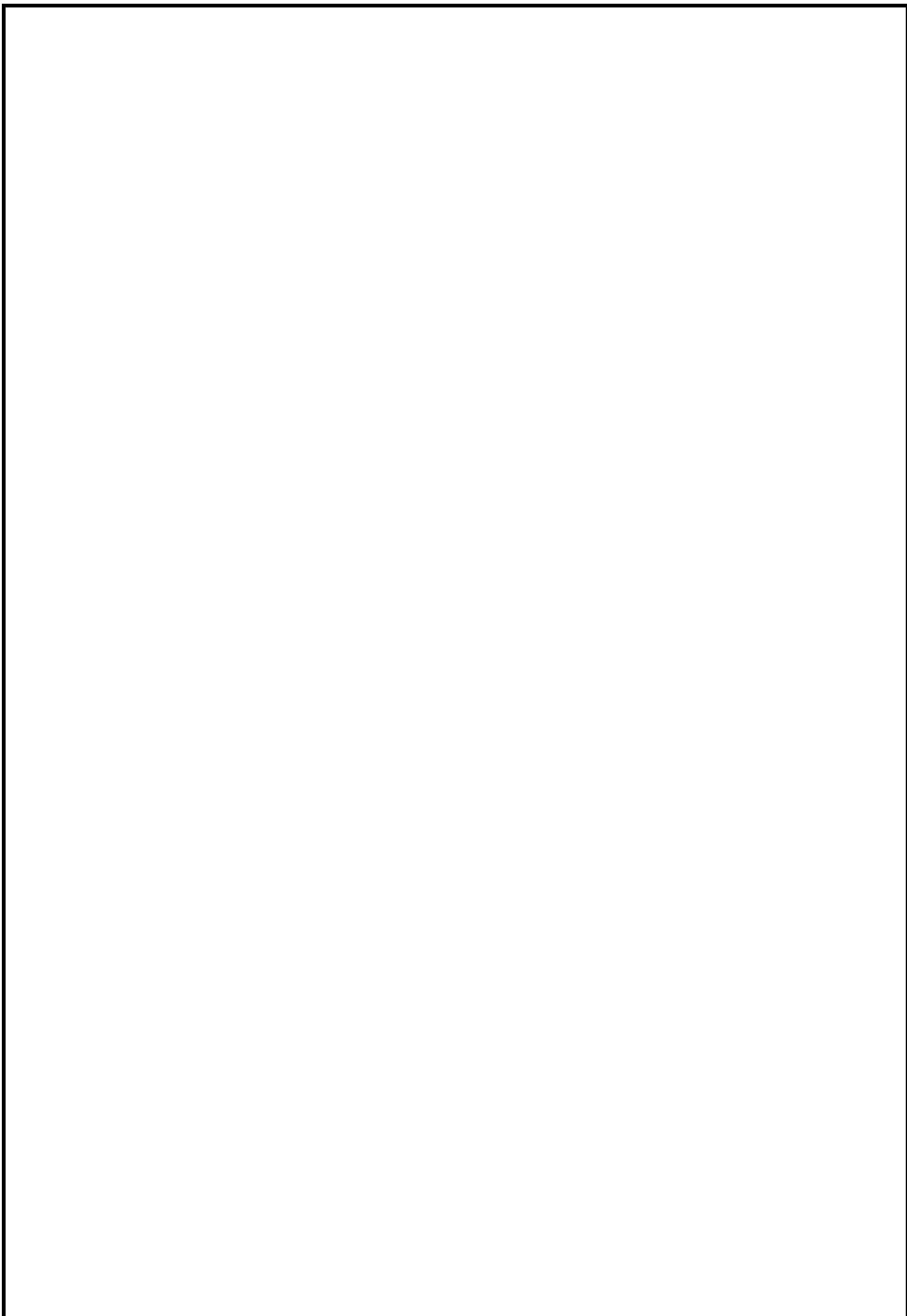
## **Chapitre III : Résultats et discussion**

3.1.Effet de l'acide salicylique (AS) sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	50
3.2.Effet du BAP sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i> .....	51
3.3.Effet conjugué du l'AS et stress hydrique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i>	52
3.4.Effet conjugué du BAP et stress hydrique sur la germination des graines d' <i>Atriplex halimus</i>	54
3.5.Vitesse de germination des graines d' <i>Atripex halimus</i> sous effet conjugué l'acide salicylique et du stress hydrique(PEG).....	56
3.6.Vitesse de germination des graines d' <i>Atripex halimus</i> sous effet conjugué du BAP et du stress hydrique(PEG).....	58
3.7.Discussion.....	60

Conclusion

Annexe

Référence bibliographique



### Introduction

La sécheresse parmi les événements climatiques extrêmes, est une catastrophe écologique observée très fréquemment dans le monde entier, causant d'énormes pertes dans l'agriculture et des dommages dans les écosystèmes chaque année (Xingjun et al, 2014).

Les facteurs les plus importants limitant la production notamment au niveau des régions arides et semi arides (Rjeibi et al, 2015). Le déficit en eau est l'une des contraintes les plus courantes de l'environnement qui influe sur la croissance et le développement des plantes (Aslam et al, 2006).

Ces écosystèmes sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations (Mnif L., 2004) associées à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol (Hayek 2004). Ce phénomène affecte près de 7% de la surface globale dans le monde (Munns R., 2002). L'Algérie se situe parmi les pays touchés, presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins (Hamdy A., 1999).

Cette particularité du climat méditerranéen a des répercussions importantes sur la physiologie de la germination des plantes, car les conditions de sécheresse estivale limitent la disponibilité de l'eau et donc la germination, tandis que les températures fraîches d'hiver limitent également la germination pendant la saison avec une haute disponibilité de l'eau (Rundel, 1996).

En outre, le déficit hydrique est une contrainte majeure limitant la production végétale dans le monde entier. Il affecte aussi négativement la germination des graines et diminue ou même inhibe complètement l'émergence des plantules (Kaya et al, 2006).

Sous la sécheresse, la germination et l'établissement des semis s'inhibent en raison de la baisse du potentiel hydrique, qui se traduit par la baisse de l'absorption de l'eau (Farooq et al, 2009), Il est nécessaire de diminuer les effets néfastes du stress hydrique pour obtenir de bons rendements des cultures (Ashraf et Rauf, 2001).

Ce stress se traduit par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles (Mefti et al, 2000). L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (Yokota et al, 2006).

Parmi les actions à mener pour promouvoir et développer ces zones, les plantations basées sur des espèces végétales adaptées, tolérantes à la sécheresse et à la salinité sont prioritaires (Benmahioul, B.2009).

## Introduction

---

Le genre *Atriplex* de la famille des Amaranthacées, appartient aux halophytes de grande importance écologique et économique, en considérant sa tolérance aux sels, son adaptation aux conditions d'aridité et son intérêt pastoral.

La réponse de l'espèce *Atriplex halimus* aux conditions de salinité et de déficit hydrique font d'elle une espèce particulièrement précieuse pour son utilisation dans la réhabilitation des terrains dégradés à risque de désertification (Belkheiri Oumelkheir, 2008).

Plusieurs hormones sont associées aux stress abiotiques, notamment au stress hydrique, telles que l'acide abscissique (ABA), les cytokinines, l'acide salicylique(SA) et l'éthylène (Peleg and Blumwald, 2011).

L'acide salicylique (AS ; acide o-hydroxybenzoïque) parmi les molécules signal qui ont suscité une attention particulière grâce à sa capacité à réguler de multiples aspects de la réponse des plantes aux stress biotiques et abiotiques (Horvath et al, 2007).

Les cytokinines remplissent des fonctions critiques et multiformes dans le développement des plantes et les réponses au stress abiotique (Zwack et al, 2016). Plusieurs recherches ont montré que les cytokinines ont des impacts à la fois positifs et négatifs sur la tolérance ou la résistance au stress (Ghanem et al, 2011).

Dans le cadre de cette approche, l'objectif de cette étude est d'étudier l'action combinée du des phytohormones (l'acide salicylique et BAP cytokinine) et stress hydrique sur la germination des graines d'*Atriplex halimus* pour cerner la tolérance au stade de germination face à cette contrainte abiotique et d'améliorer sa résistance par l'utilisation de deux phytohormones l'acide salicylique et le BAP (cytokinine).

Notre travail comporte trois parties :

Partie I

Recherche bibliographique

Partie II

Matériel et méthodes.

Partie III

Résultats et discussion.



## Chapitre I : Recherche bibliographique

### 1.1. *Atriplex*

#### 1.1.1. Présentation des *Atriplex*

Les *Atriplex* sont des espèces arbustes vivaces et halophyte présent dans la plupart des régions du globe, ce développent sur les surfaces riches en chlorures et nitrates, est appartenant à la famille des Amarantacée, est pousse naturellement dans la steppe algérienne (Nedjimi et al, 2006).

L'équipe de Mulas (2004) a identifié plus de 400 espèces d'*Atriplex* sur tous les continents et compte environ 200 espèces répatiers dans les régions subtropicals (Mulas et Mulas, 2004)

Les *Atriplex* sont des arbustes qui recouvrent de grandes étendues formant des nappes vertes durant les quatre saisons même pendant les périodes les plus sèches, et se caractérisent par leur grande diversité, les travaux réalisés sur cette espèce ont mis en évidence un remarquable polymorphisme au niveau de la morphologie et de la physiologie des individus (Hamza, 2002)

#### 1.1.2. Les espèces les plus répandus du genre *Atriplex*

- *Atriplex mollis* : plante frutescente, très rameuse, à rameaux dressés, tige et rameaux arrondis, feuilles alternes épaisses, charnues et sessiles.
- *Atriplex nummularia* : arbuste pouvant atteindre 2 à 3 m de hauteur, très rameuse à rameaux dressés ou étalés, feuilles pétiolées.
- *Atriplex patula* : tige dressée ou ascendante de 30 à 90 cm de longueur, ordinairement très rameuses dès la base à rameaux étalée, feuilles brièvement étiolées.
- *Atriplex portulacoides* : herbe sous-frutescente à la base, tige très rameuse environ 1 m de longueur, à rameux dressés, feuilles opposées.
- *Atriplex rosea* : tige dressée 30 à 80 cm de longueur presque cylindrique, très rameux, à rameaux étalés dressés, feuilles brièvement pétiolées ou sessiles.
- *Atriplex semibaccata* : tige très rameuse dès la base à longs rameaux étalés ou ascendants, feuilles minces atteignant 1 à 4 cm, plus ou moins semi-dentés.
- *Atriplex tatarica* : tige d'environ 1 m de longueur dressé ou ascendante rameuse à rameaux étalés argentés pulvérulents sur les deux faces.
- *Atriplex inflata* : tige souvent ligneuse à la base dressée ou ascendante arrondie, très rameuse, à rameaux dressés, très feuilles pétiolée.
- *Atriplex hortensis* : tige dressée d'environ 2,5 m de longueur simples ou rameuse, feuilles mates pétiolées alternes.
- *Atriplex littoralis* : tige dressée rameuse, à rameaux plus ou moins effilés dressés feuilles alternes brièvement pétiolées (Sayah. G, et al, 2005).

### 1.1.3. La famille des Chénopodiacées (Amaranthacées)

Les Chénopodiacées sont répandues dans le monde entier, mais ont une préférence marquée pour les terres salines (Crété, 1965), qui vivent principalement sous des climats arides et semi-arides (Ozenda, 1958). Ces espèces, dites « halophiles », en s'adaptant à la salinité du sol, elles accumulent en conséquence une grande quantité de sels (Roeder, 2006).

Les chénopodiacées sont des plants à fleurs sans pétales, discrètes, hermaphrodites ou unisexuées, elles sont regroupées en épis ou cymes (Mulas et Mulas, 2004) Morphologiquement, les Chénopodiacées se caractérisent par la racine Profond et pénétrant, conçu pour absorber le plus d'eau possible et laisser passer Feuilles alternes, petites et poudreuses ou couvertes de poils, lobées, parfois épineuses, formant Pour réduire la perte d'eau due à la transpiration.

L'étude des chénopodiacées est déconcertante. Beaucoup d'espèces appartiennent à des genres différents se ressemblent, paradoxalement un grand nombre d'espèces manifestent un étonnant polymorphisme qui se traduit de façon courante entre plusieurs pieds d'une même plante, aux rameaux même d'un seul pied. Plusieurs d'entre elles possèdent une résistance élevée à la sécheresse et à la salinité et se caractérisent par leur richesse en protéines *Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia* (tableau 01) (Bossard et al, 1981).

Les chénopodiacées sont d'une étude délicate. En effet, la petitesse de leur fleur, la fragilité de leur fruit et de leurs rameaux rendent difficile la récolte d'échantillons complets. L'aspect de la plante varie d'un pied à un autre voir d'une branche à l'autre et le dispositif alterné ou superposé des pièces florales dépendent souvent de l'origine phylogénétique de la plante considérée (Gore et al, 1989).

Tableau N°1 : Composition chimique de quelques espèces de la famille des chénopodiacées (Correal, 1990)

Eléments nutritifs	Protéine brute Nx6.25%	Cellulose brute en %	Matière minérale en %
<i>Atriplex halimus</i>	21.40	11.40	28.70
<i>Atriplex nummularia</i>	21.30	9.50	27.80
<i>Atriplex repanda</i>	14.30	21.20	12.70
<i>Atriplex canescens</i>	16.30	13.40	22.90
Moyenne	18.30	13.80	24.50

#### 1.1.4. Le genre *Atriplex*

D'après Berger (1909) *Atriplex* signifie : n'a pas trois angles, il est composé de « *a* » du grec et « *triplex* » du latin.

Les arbustes fourragers du genre *Atriplex* sont encore peu étudiés dans la recherche approfondie traitant la résistance au stress hydrique. Les essais expérimentaux basés sur l'analyse des paramètres morfo-physiologiques ont montré d'une façon très générale que la réponse de ces plantes consiste en une esquivé extrême à la déshydratation, due à plusieurs mécanismes physiologiques et biochimiques qui ne sont pas encore mieux illustrés.

Les plantes du genre *Atriplex* sont des halophytes présentes dans la plupart des régions du globe (Le Houérou, 1992), elles appartiennent à la famille des Chénopodiacées et se caractérisent par leurs grandes diversités. Ce genre comprend environ 417 espèces (Franclet et Le Houérou, 1971), réparties dans les régions tempérées, subtropicales et dans les différentes régions arides et semi-arides du monde. Il est particulièrement répandu en Australie où on peut déterminer une grande diversité d'espèces et de sous-espèces. Le genre

*Atriplex* inclut 48 espèces et sous espèces dans le bassin méditerranéen (Maâlem, 2002). Le genre *Atriplex* est le plus dominant dans plusieurs régions arides et semi arides du monde

Les espèces du genre *Atriplex* sont caractérisées par le haut degré de tolérance à l'aridité et à la salinité et par leur capacité de procurer des fourrages riches en protéines et en carotène. Par ailleurs, elles ont la propriété de produire une abondante biomasse foliaire et de la maintenir active durant les périodes défavorables de l'année.

Le genre *Atriplex* appartient au groupe des plantes en mesure de fixer le CO<sub>2</sub> par biosynthèse C<sub>4</sub>. De nombreuses recherches ont démontré que ce type de plantes est caractérisé par une grande productivité, une résistance au déficit hydrique, une capacité particulière d'utiliser l'énergie lumineuse et un métabolisme qui exige du sodium comme élément essentiel (Hamza, 2002).

Du point de vue morphologique, les Chenopodiaceae (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 inter nodaux, 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 périgone, sont disposées au sommet de l'ovaire ou sur un disque (Rosas, 1989).

#### **1.1.5. Généralité sur l'*Atriplex halimus***

Les *Atriplex* sont des plantes halophytes dotées d'une série de caractères écologiques et physiologiques, permettant la croissance et la reproduction dans un environnement salin. Elles sont dominantes dans plusieurs régions arides et semi arides du monde, en particulier dans les habitats qui combinent la salinité relativement élevée du sol avec l'aridité (Nedjimi et Daoud, 2006 ;Walkers et al ,2014).

Le genre *Atriplex* est le plus grand et le plus diversifié de la famille des chénopodiacées (Amaranthacées) réparties dans les régions tempérées et subtropicales ; on trouve également des exemplaires de ce genre les régions polaires, bien qu'en nombre très réduit.

Généralement, il est associé aux sols salins et au milieu arides, désertiques ou semi –désertiques (Rosas, 1989 ; Par-Smith, 1989).

Les *Atriplex* sont des plantes halophytes dotées d'une série de caractères écologiques et physiologiques permettant la croissance et la reproduction dans un environnement salin (Haddioui et al, 2006).

Les caractéristiques particulières de l'espèce *Atriplex halimus* .L'espèce typiquement méditerranéenne, valorisant d'une manière écologiquement durable aussi bien le milieu littoral que celui des régions arides, a suscité l'intérêt de beaucoup de chercheurs à travers le monde.

Sa réponse aux conditions de salinité et de déficit hydrique en fait une espèce particulièrement précieuse pour son utilisation dans la réhabilitation des terrains dégradés à risque de désertification (Belkheiri Oumelkheir, 2008).

### **1.1.6. Aire de répartition**

#### **1.1.6.1. Dans le monde**

Les Chénopodiacées sont des plantes annuelles ou vivaces, rarement buissonnantes, et souvent halophiles, caractérisées par un cycle végétatif lent avec une période de croissance qui s'étend de Mars à Juin (Yaakoub. ; 2006).

Elles sont largement répandues dans les habitats salins tempérés et subtropicaux, en particulier dans les régions littorales de la Mer Méditerranéenne, de la Mer Caspienne et de la Mer Rouge, dans les steppes arides de l'Asie centrale et orientale, aux marges du désert du Sahara, dans les prairies alcalines des Etats-Unis, dans le Karoo en Afrique méridionale, en Australie et dans les Pampas Argentines.

Elles poussent également comme des herbacées sur les sols riches en sel des zones habitées, surtout en présence d'écoulements d'eau et de Terrains accidentés (Mulas et Mulas. 2004).

Dans le monde, les *Atriplex* se rencontrent de l'Alaska à la Patagonie, de la Bretagne à la Sibérie et de la Norvège à l'Afrique du sud (Francllet et Le Houérou, 1971). En Afrique du nord le genre *Atriplex* comprend 15 espèces spontanées, 2 espèces naturalisées et 2 espèces introduites. Ces espèces se répartissent en 9 espèces vivaces, une espèce biannuelle et 9 espèces annuelles.

Parmi les espèces les plus utilisées en Afrique septentrionale, citons l'*Atriplex halimus*. L'espèce à également fait l'objet de recherches spécifiques dans le milieu semi-aride de l'Europe méridionale (Papanastasis, 2000).

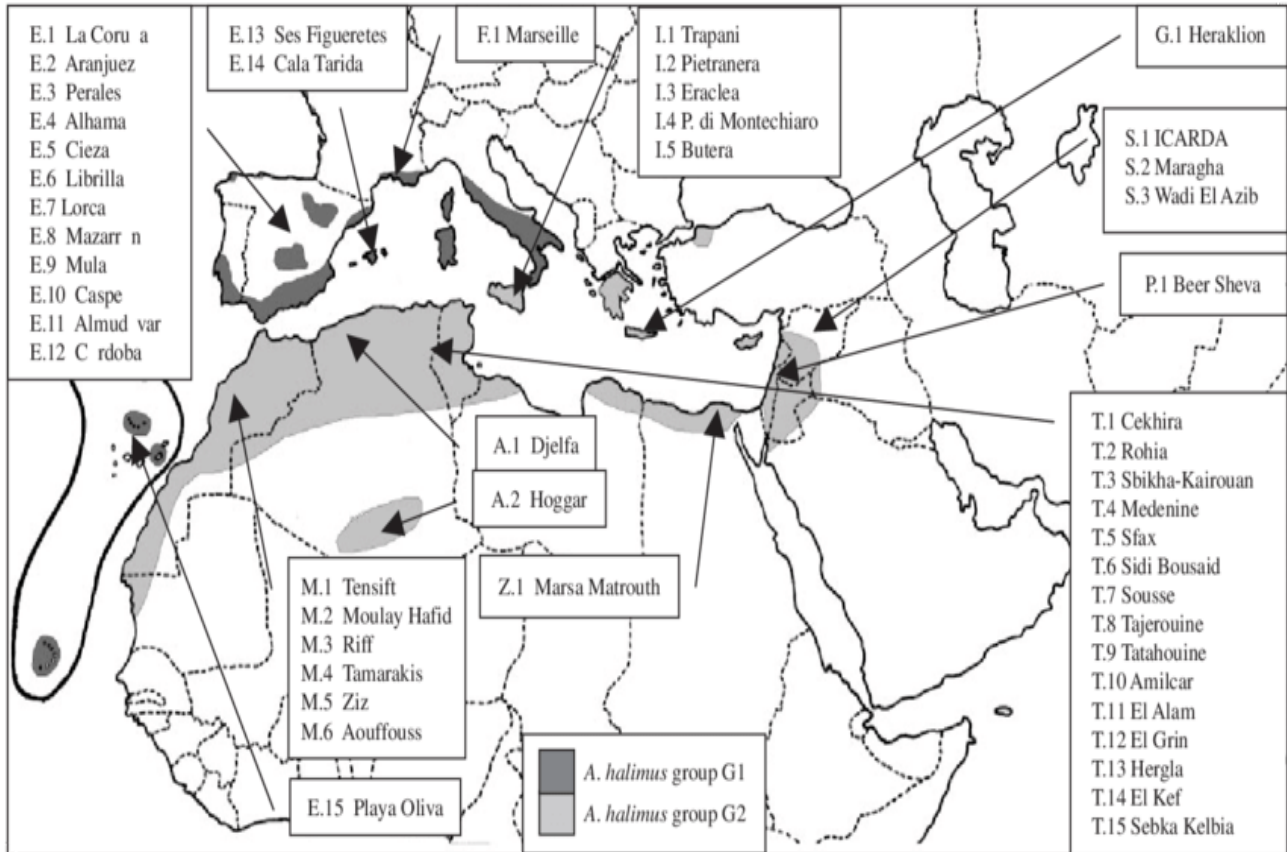


Figure N° 1 : Répartition des *Atriplex* dans le monde (Ortíz-Dorda J et al ; 2005)

Tableau N°2: Répartition numérique des espèces d'*Atriplex* dans le monde (LE Houérou, 1992).

<b>Pays ou régions</b>	<b>Nombre d'espèces et/ou sous-espèces</b>	<b>Pays ou régions</b>	<b>Nombre d'espèces et/ou sous espèces</b>
<b>Etats-Unis</b>	110	<b>Baja Californie (Mexique)</b>	25
<b>Australie</b>	78	<b>Afrique du nord</b>	22
<b>Bassin-méditerranéen</b>	50	<b>Texas</b>	20
<b>Europe</b>	40	<b>Afrique du sud</b>	20
<b>Ex.Urss</b>	36	<b>Iran</b>	20
<b>Proche orient</b>	36	<b>Syrie</b>	18
<b>Mexique</b>	35	<b>Palestine &amp; Jordanie</b>	17
<b>Argentine</b>	35	<b>Algérie &amp; Tunisie</b>	17
<b>Californie</b>	32	<b>Bolivie &amp; Pérou</b>	16
<b>Chili</b>	30		

### 1.1.6.2. En Algérie

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

Le genre *Atriplex* se rencontre aussi sur le littoral et même au Sahara, particulièrement dans la région de Béchar où les nappes longent les dépressions d'Oued, l'*Atriplex* est spontané dans les étages bioclimatiques semi aride et arides, les plus grandes superficies correspondent aux zones dites steppiques (Tébessa, Batna, M'sila, Boussaâda, Biskra, Djelfa, Tiaret, Saida...). Le genre *Atriplex* se rencontre aussi sur le littoral et même au Sahara, particulièrement dans la région de Béchar où les nappes longent les dépressions d'Oued (Benrebaha., 1987). (Quézel et Santa (1962) ont dénombré en Algérie 13 espèces natives dont 5 pérennes et 8 annuelles.



Figure N°2 : Carte géographique de l'*Atriplex halimus* en Algérie (Anonyme, 2017)



Tableau N°3 : Répartition des différentes espèces d'*Atriplex* en Algérie (Quézel et Santa, 1962).

Espèces	Nom	Localisation
<p><b>Annuelles</b></p> <p>(Diffèrent généralement par la forme des feuilles, du port et des valves fructifères)</p>	<i>A. Chenopodioides</i> Batt.	Bouhanifia (Mascara) (très rare)
	<i>A. littoralis</i> L.	Environ d'Alger (rare).
	<i>A. hastata</i> L.	Assez commune dans le Tell et très rare ailleurs.
	<i>A. patula</i> L.	Assez commune dans le Tell et 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).
	<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).
<p><b>Vivaces</b></p> <p>(Diffèrent généralement par la forme des feuilles, la taille de l'arbrisseau, le port des tiges et l'aspect du périanthe).</p>	<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

Tableau N°4 : Les *Atriplex* en Afrique du nord (FAO, 1971).

Espèces spontanées		Espèces naturalistes		Espèces introduites
Annuelles	Vivaces	Annuelles	Biannuelles	Vivaces
<i>A.chenopodioides</i>	<i>A. colord</i>	<i>A. inflata</i>	<i>A. semibaccata</i>	<i>A.nummufaria</i>
<i>A.dimorphostegia</i>	<i>A. coriacca</i>			<i>A. lentiformis</i>
<i>A. hasta ta</i>	<i>A. glauca</i>			
<i>A. littoralis</i>	<i>A. halimus</i>			
<i>A.patula</i>	<i>A. malvana</i>			
<i>A. rosea</i>	<i>A. mollis</i>			
<i>A. tatarica</i>	<i>A.portulacoid</i>			
<i>A. tomabeni</i>				

### 1.1.7. Classification

D'après Chadefaut et Emberger en 1960, la systématique d'*Atriplex halimus* dans le règne végétal est la suivante :

**Règne :** Végétal.

**Embranchement :** Spermaphytes (phanérogames).

**Sous-embranchement :** Angiosperme.

**Classe :** Dicotylédones.

**Sous-classe :** Apétales.

**Ordre :** Centrospermales.

**Famille :** Amarantacées(Chénopodiacées).

**Genre :** *Atriplex*.

**Espèce :** *Atriplex halimus*.

**Nom vernaculaire français :** Arroche halime ou pourpier de mer.

**Nom anglais :** Sea-orache.

**Nom arabe :** G'ttaf, Ghassoul el aachebi, echnane.

**Nom amazigh :** Elhirmess.

### 1.1.8. Biologie de *Atriplex halimus*

#### 1.1.8.1. Morphologie de *Atriplex halimus* :

*L'Atriplex halimus* est une plante caractérisée par un important polymorphisme morphologique (herbes ou arbustes) qui se manifeste au niveau de la dimension et la forme des feuilles, des valves fructifères et des graines, ainsi qu'un polymorphisme dans la production de la biomasse (Ben Ahmed et al, 1996). Le polymorphisme semble être une caractéristique des Chénopodiacées (Amarantacées).

*Atriplex halimus* est divisé en deux sous espèces :

- *Atriplex halimus* Subp *halimus* : généralement plus feuillée se rencontre sur les zones du littoral semi-aride à humide.
- *Atriplex halimus* Subp *schweifurthi* : rameaux florifères dépourvus de feuilles ; c'est une espèce des zones arides et désertiques (Francllet et Le Houérou, 1971).

Les populations des deux sous- espèces présentent un grand polymorphisme lié à leur diversité d'habitat ( Houérou, 1992).

#### ➤ 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.

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

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

*L'Atriplex halimus* est un arbuste généralement plus feuillu, au port érigé, très ramifié, pouvant atteindre trois mètres de haut (Ben Ahmed et al, 1996).



Figure N°3: Touffe d'*Atriplex halimus* (Bendehiba.Ghenim, 2023).

#### ➤ 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).

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)

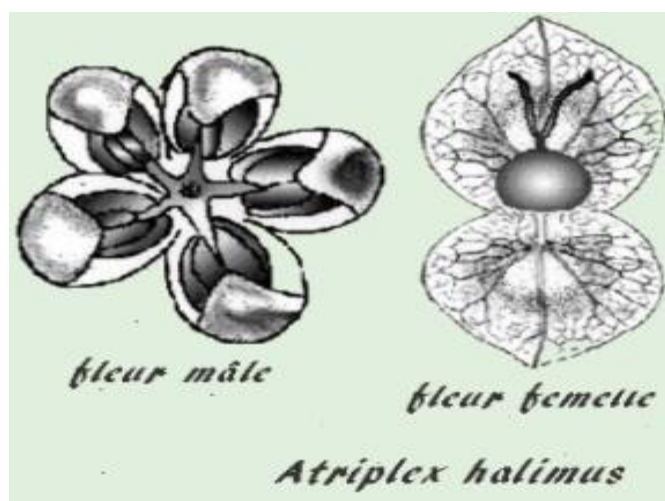


Figure N°4 : Fleur d'*Atriplex halimus* (Talamali et al. 2003).

### ➤ Feuilles

Les feuilles sont persistantes de 2 à 6 cm de long, alternes simples entières, avec un court pétiole, ovale arrondie lorsqu'elles sont jeunes triangulaires plus ou moins lancéolées ensuite, vertes argentées et plus ou moins charnues, luisantes couvertes de poils vésiculaires très riche en sel (Duperat, 1997).

Elles sont alternes, pétiolées, ovales, plus au moins charnues et couvertes de poils vésiculeux blanchâtre ou globuleux appelés trichomes (Francllet et Le Houérou, 1971). Elles peuvent être entières ou légèrement sinuées, parfois aiguées au sommet et trinervées (Mozafar et Goodin, 1970



Figure N°5: Feuille d'*Atriplex halimus* (Ahmadou et Mekhlouf 2019)

➤ **Tige**

Facilement identifiable grâce à son habitus droit caractéristique et aux branches fructifères très courtes (20 cm) et recouvertes de feuilles (Walker et *al*, 2014 ; Walker et Lutts., 2014). C'est un arbuste dont le feuillage présente un aspect blanc-argenté, pouvant atteindre un à deux mètres de hauteur.

La tige est très rameuse glauque argentée multicaule plus ou moins anguleuse, formé des touffes pouvant atteindre 1 à 3m de diamètre. Il est très polymorphe, son port peut être dressé, érigé ou intriqué, les rameaux portent des grappes allongées portant des grains (Gougou, 2005).

➤ **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 ( Houérou. ,1992).

L'*Atriplex halimus* possède un système racinaire très développé, qui lui permet d'utiliser les réserves d'eau du sol, et de former un réseau dense susceptible d'agrèger le sol et de le rendre résistant à l'érosion (Haddioui et al, 2008).

➤ **Graine**

Les graines, comprimées latéralement, ont un diamètre de 0,9 à 1,1 mm (Castroviejo et *al*, 1990). La dormance apparente des graines est liée à la présence des deux bractées entourant l'ovaire qui accumulent des substances inhibitrices de la germination (Khadre, 1994). Toutefois, Baji et *al*. (2002) ont démontré que le taux maximal de germination pouvait s'observer en l'absence de sel en conditions contrôlées.

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 Maalem, 2002).



Figure N°6 : Graines d'*Atriplex halimus* (Bendehiba.Ghenim, 2023)

#### ➤ Fruits

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),

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

#### ➤ Valves fructifères

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

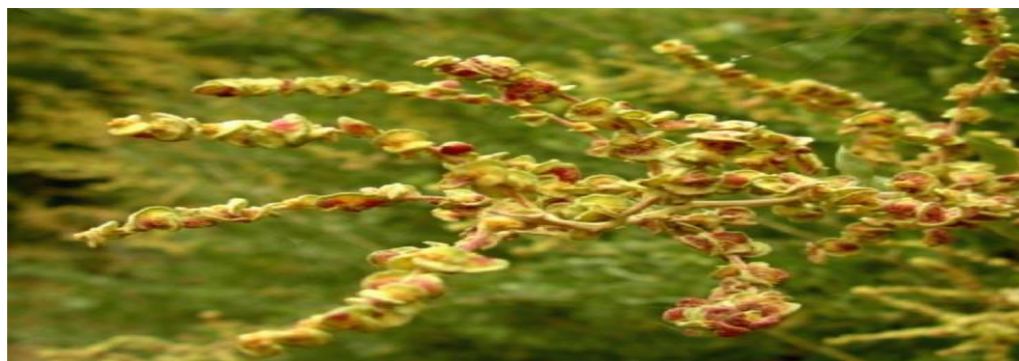


Figure N°7 : Valves fructifères (Anonyme, 2017).

### 1.1.9. Physiologie de *Atriplex halimus*

*Atriplex halimus* est un arbuste halophyte présentant une photosynthèse en C4 (Martinez et al. 2003). Les plantes en C4 possèdent des caractéristiques anatomiques leur permettant un métabolisme à haute efficacité photosynthétique (augmentation du taux de CO<sub>2</sub>).

L'anatomie foliaire des plantes en C4 est de type « Kranz », présentant une gaine de cellules de grandes dimensions qui entourent les tissus vasculaires. Les plantes en C4 ont une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau que les plantes en C3 en conditions de sécheresse et de température élevées (Martinez et al, 2003).

Les environnements extrêmes, comme les zones arides ou semi-arides où les précipitations sont souvent irrégulières, sont les loges écologiques préférentielles de la plupart des espèces du genre *Atriplex*. Toutes ces espèces présentent des adaptations particulières à ce type d'habitat. *Atriplex halimus*. Est une halophyte présentant une photosynthèse en C4 (Martinez et al, 2003).

Les plantes en C4 possèdent des caractéristiques anatomiques leur permettant d'augmenter le taux de CO<sub>2</sub> dans les cellules photosynthétiques tout en diminuant la transpiration. Vue en coupe, les feuilles des plantes en C4 contiennent deux types de cellules particulières : les cellules de la gaine fasciculaire, autour des faisceaux, et les cellules du mésophylle, autour des cellules de la gaine fasciculaire. Les adaptations physiologiques des plantes en C4 leur confèrent une protection contre les fortes températures, les enzymes thermosensibles se trouvant dans la gaine fasciculaire, et une faible photorespiration, le taux de CO<sub>2</sub> étant suffisamment élevé pour que RUBISCO ne fonctionne qu'en carboxylase. Les plantes en C4 ont une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau (WUE : nombre de molécules de CO<sub>2</sub> assimilées par molécule d'eau perdue) que les plantes en C3 en condition d'illumination et de température élevée. Signalons toutefois que si la plupart des espèces du genre *Atriplex* sont sensibles au froid, certaines d'entre elles supportent des températures de -20°C. *A. halimus* peut supporter des températures inférieures à -10°C pendant quelques heures



Les plantes d'*Atriplex* sont capables d'accumuler de grandes quantités de sel dans leurs tissus et plus particulièrement dans les trichomes situés à la surface des feuilles (Mozafar et Goodin, 1970).

Chez les espèces du genre *Atriplex*, il y a une translocation préférentielle des ions  $\text{Na}^+$  vers les parties aériennes (Reimann, 1992). Les taux d'accumulation de  $\text{NaCl}$  sont très importants, pouvant atteindre 25 % du poids sec des feuilles pour une concentration extérieure de 30 g/L (Zid et Boukhris, 1977).

Le transport du sel peut se faire par la voie symplastique ou par la voie apoplastique, ce dernier étant le système de transfert le plus souvent observé chez *Atriplex halimus* (Wong et Jäger, 1978). Le transport symplastique se ferait par le biais de vésicules de pinocytose et d'exocytose contenant le sel dans le cytoplasme. Chez *Atriplex halimus*, le système de vésiculation apparaît particulièrement important au niveau des cellules présentant un cytoplasme dense et situées à proximité du système vasculaire. Le sel absorbé par les racines de la plante est transporté vers les feuilles où il s'accumule dans les trichomes pour être ensuite excrété.

Les trichomes présents sur les deux faces de la feuille sont très nombreux sur les feuilles âgées donnant à la feuille son aspect blanchâtre plus ou moins luisant (Smaoui, 1971).

L'initiation des trichomes s'effectue durant toute la vie de la feuille. La cellule initiale du trichome, issue de l'épiderme, se divise pour donner deux cellules filles : une cellule basale et une cellule apicale. La division de la cellule basale peut continuer pour aboutir à un pédicelle uni-, bi- ou tricellulaire. Toutefois, deux types de trichomes sont à différencier (Smaoui, 1971) : les trichomes vésiculeux, ont une cellule apicale fortement vacuolisée accumulant le sel ; les seconds, les trichomes en massues, dont la cellule apicale ovoïde, allongée et à parois épaisses, ont une fonction de sécrétion. Tous deux sont constitués à la base par une cellule de pédicelle, petite et dense, contenant des chloroplastes. Ces trichomes jouent un rôle important dans la résistance de la plante à la salinité en prévenant l'accumulation du sel dans les tissus vasculaires et les parenchymes.

La concentration en  $\text{Na}^+$  et en  $\text{K}^+$  à l'intérieur des poils augmente considérablement avec la dose de sel, de même que le contenu en  $\text{Cl}^-$  dont l'accumulation contrebalance celle des cations. La concentration en oxalate ne change pas mais contribue aussi à diminuer la charge positive du trichome (Mozafar et Goodin, 1970). Des cristaux de sels se forment dans la vésicule, faisant éclater la cellule, permettant le rejet du sel à la surface de la feuille (Mozafar, 1969 ; Soloév, 1968). La présence de ces poils pourrait également aider la plante à diminuer son évapotranspiration et assurer une protection contre une illumination trop intense (Ehleringer et Mooney, 1978 ; Kelley et al, 1982).

## 1.2. La germination

### 1.2.1. Définition

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).

Elle représente la phase de réaction du métabolisme après réhydratation de la graine sans changement morphologique apparent (Meyer et al, 2004).

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 quelque 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).

Cependant, par concision, la germination de mot est souvent utilisée pour indiquer son achèvement, par exemple, des termes tels que 50% germination indiquent que 50 % d'une population de semences a terminé la germination, et le temps de germination reflète en fait le % des graines qui ont terminé la germination à des points particuliers dans le temps (JD.Bewley et al, 2012).

Sensu Stricto de la germination ne comprend pas la croissance des semis; ceci commence qu'après la germination soit terminée. Le terme parfois utilisé le semis germinatif est évidemment erronée (JD.Bewley et al, 2012).

### 1.2.2. Les phases de la germination

Le Cours de temps l'absorption d'eau et des changements importants liés à la germination et la croissance initiale des semis.

Absorption initiale d'eau, imbibition dans la phase I, est principalement un processus physique; activités physiologiques peuvent commencer à quelques minutes d'une cellule se hydrater, bien avant que tous les tissus de semences deviennent complètement imbibés.

Au cours de la teneur en eau des graines de phase II est assez constante et activités métaboliques augmentent avec la transcription importante de nouveaux gènes. L'émergence de la radicule à travers les structures environnantes à la fin de cette phase marque la fin de la germination et de la Phase III il est en outre l'absorption d'eau que le jeune plant est établi, utilisant les importantes réserves stockées. La courbe est un cours de temps stylisé pour l'absorption de l'eau. Le temps nécessaire pour que ces événements à remplir varient selon les espèces et les conditions de germination à laquelle la semence est soumise d'après (Nonogaki et al, 2010).

### **1.2.3. Les conditions de la germination**

#### **1.2.3.1. Conditions externes**

Divers facteurs du milieu tel que l'eau, la température, l'oxygène et parfois la lumière contrôlent d'une précise, la germination. L'analyse de l'un de ces facteurs ne peut pas faire abstraction des autres, car ils interfèrent tous.

##### **➤ L'eau**

Le passage de la vie ralentie à la vie active d'une semence exige une imbibition des tissus de ses semences. L'eau d'imbibition doit être fournie en quantité suffisante et non en excès (Binet, 1978).

##### **➤ L'oxygène**

Au fur et à mesure que la teneur en eau des tissus des semences augmente l'intensité respiratoire croît, ce qui entraîne une augmentation des besoins en oxygène. Ce dernier est indispensable au déroulement des réactions de dégradations interne de l'embryon (Binet, 1978).

##### **➤ La température**

D'après Lafon et al. (1998) :

- La température stimule les activités enzymatiques et ainsi la vitesse de germination.
- La température règle l'apport de l'oxygène à l'embryon, ainsi quand la température s'élève, le métabolisme réclame plus d'oxygène, son apport diminue rendent la germination impossible.

#### **1.2.3.2. Conditions internes**

Parmi les facteurs internes qui affectent la germination de la graine, son état physiologique ; pour qu'une graine germe, elle doit être mûre, tous les phénomènes morphologiques (structure de la graine) et toutes les réactions biochimiques qui conduisent à la déshydratation de réserves soient accomplis. Pour certaines graines, une période de basses températures, réalisé pendant l'hiver, est indispensable. Bien que les graines puissent conserver, pendant assez longtemps leur pouvoir

germinatif, il est préférable de semer des graines venant d'arriver à maturité. En effet, le pouvoir germinatif est parfois détruit par des réactions chimiques notamment au niveau des réserves par exemple, les graines oléagineuses peuvent rancir et n'être plus utilisables (Théron, 1964).

#### 1.2.4. Germination de *Atriplex halimus*

Les halophytes se produisent naturellement dans les milieux fortement salins (Choukr et al, 2005).elles possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leur graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade de germination (Belkhodja et al, 2004) Ainsi, une étude comparative d'espèces d'*Atriplex* vis-à-vis de leur comportement à la salinité du sol est indispensable pour l'étiquetage des espèces tolérantes.

Les espèces d'*Atriplex* répondent différemment à la salinité selon les stades de développement de la plante (Bouda et al, 2010 ; Benrebiha (1987) ; Belkhodja et Bidai (2001) rapportent que la germination des graines d'*Atriplex halimus* est inhibée dès que la concentration en NaCl dépasse 5g/l.

Debez et al, (2001) démontré que la germination des graines d'une population côtière de *A.halimus* était plus tolérante au sel que celui d'une population à partir d'un site non salin ; une inhibition complète a eu lieu à 700 et 350 mM de NaCl, respectivement, ce qui représente une tolérance très grande dans les deux cas.

La germination de *Atriplex halimus* semble être plus résistant à la salinité que celle de *Atriplex canescens* ou *Atriplex nummularia* (Maâlem et Rahmoune, 2009).

L'effet des pré-traitement avec l'eau douce ainsi que l'eau salin améliore surtout les temps moyens de germination dans les milieux fortement salés (Choukr et al 2005) La germination est aussi améliorée par la stratification du froid qui semble un facteur levant la dormance des graines (Hamza, 2001).

### 1.3. Les phytohormones

#### 1.3.1. Définition des phytohormones

Selon Lafon et al, (1988). Les phytohormones ou hormones végétales sont des substances chimiques organique endogènes qui circulent dans les plantes dans des directions précises et à des points précis ou assure la communication entre les plantes. Ils sont conçus pour susciter des réponses dans une zone donnée en réponse à des stimuli externes ou interne.

##### 1.3.1.1. La Production des phytohormones

Les hormones végétales, encore appelées phytohormones, sont des substances organiques naturelles qui influencent l'ensemble des processus physiologiques de croissance, de différenciation et de développement des plantes et leur confèrent leur capacité d'adaptation aux variations de conditions de l'environnement. Les phytohormones ne sont pas seulement produites par les plantes, une grande variété de microorganismes (champignons, bactéries) et même les algues peuvent les synthétiser. Ainsi, la biosynthèse des phytohormones par les bactéries du sol constitue un outil clé par lequel elles améliorent la croissance des plantes et régulent leurs processus physiologiques (Agueniou et al, 2017).

L'utilisation de phytohormones, des substances qui régissent la croissance et le développement des plantes, est largement répandue en production horticole commerciale pour faciliter la multiplication végétative. Chaque phytohormone produit des effets différents selon sa concentration, son lieu d'action et le stade de développement de la plante (Leclerc et al, 2007).

##### 1.3.1.2. Les différents Phytohormones

###### ➤ L'auxine

Le terme Auxine est dérivé du mot grec qui signifie de croître. Composée sont généralement considérés comme les auxines si elles peuvent être caractérisés par leur capacité à induire l'élongation des cellules dans les tiges et autres ressemblent à l'acide indole-acétique (la première auxine isolé) en activité physiologique (Heller et al, 2000).

###### ➤ Les cytokines

Sont une famille de régulateurs de croissance largement utilisée dans la micro propagation des plantes. En fait, les cytokinines sont ajoutées au milieu de culture pour favoriser la division, la différenciation et la croissance cellulaire. Elles agissent en affectant la concentration des hormones végétales endogènes, ce qui se traduit par diverses réponses morphogénétiques.

Les cytokinines sont également utilisées pour surmonter la dominance apicale des plantes, favoriser le développement des bourgeons axillaires, stimuler l'induction et la multiplication des bourgeons adventifs et faciliter la germination des graines (Mazri, 2020).

#### ➤ **Éthylène**

Selon Hopkins, (2003) L'éthylène est un hydrocarbure gazeux simple, Leur synthèse se fait sous l'action des concentrations se levées en auxine, des stress et d'autres phénomènes de développement. Il stimule la floraison, Il inhibe l'élongation des racines et le débourrement des bourgeons axillaires (Lafon, 1998).

#### ➤ **Les gibbérellines**

Les gibbérellines sont produit à la fois par les champignons et les plantes supérieurs. Une application exogène de gibbérellines provoque un allongement prononcé de tiges intactes. Les gibbérellines sont également très impliquées dans la germination des grains et dans la mobilisation des réserves de l'albumen lors des stades précoces de la germination ainsi que dans le développement des fleurs et des fruits (Hopkins, 2003).

Quelques études ont montré que l'application externe de la gibbérelline en condition de salinité sur *Hibiscus sabdariffa* L stimulant la synthèse de la catalase, réduit les effets négatifs de la salinité et améliore les conditions de croissances des plantes (Parvaneh, 2015).

#### ➤ **Acide abscissique**

D'après Raven et, al. (2000), L'Acide Abscissique (ABA), est un sesquiterpène qui intervienne de la régulation de la germination des graines, dans la production de la synthèse des protéines de réserves et dans la réaction de stress hydrique (Hopkins, 2003).

En conjonction avec des travaux récents, le rôle de l'acide abscissique (ABA) dans l'accumulation temporellement abondante au cours de la maturation des graines, son rôle dans l'éventuelle induction de la dormance, son implication dans l'étape de déshydratation, et enfin son rôle comme inhibiteur de la germination sont discutés .Une attention particulière est accordée à la nécessité d'études dynamiques à tous les niveaux, en tenant compte de la synthèse de l'ABA, des sources potentielles, de la direction du métabolisme, de l'évolution dans le temps et de la localisation éventuelle des hormones (Bulard,1988).

### **1.3.1.3.Effets des phytohormones**

Les phytohormones jouent un rôle important dans la médiation des réponses des plantes aux stress abiotiques. Au fil des ans, les plantes ont développé de multiples mécanismes physiologiques et biochimiques grâce auxquels elles survivent indépendamment sous des conditions de stress. Les phytohormones sont produites naturellement par les plantes et sont essentielles aux réponses

physiologiques des plantes, telles que la formation des feuilles et des fleurs, l'allongement de la tige, le développement des fruits et la maturation. (Sampath Kumar et al. 2015).

### 1.3.2. Définition de l'acide salicylique

L'acide salicylique (AS) est un composé phénolique synthétisé naturellement par les plantes, il est considéré comme une hormone, son rôle dans les mécanismes de défense a été bien caractérisé, l'application exogène de l'AS conduit à l'activation de nombreux gènes de défense en agissant comme une molécule signal dans la voie de transduction (Yücel et Heybet, 2016).

L'acide salicylique est un sous-produit végétal qui a des effets importants sur la croissance et le développement des plantes. Une puissante molécule de signalisation chez les plantes impliquée dans le déclenchement de réponses au stress biotique et abiotique, l'acide salicylique a été étudiée en tant qu'hormone végétale, médiateur donnant de nombreuses réponses chez les plantes. Parmi les réponses l'induction et la résistance des agents pathogènes en tant qu'hormone végétale typique (Muthulakshimi et Lingakumar, 2017).

#### 1.3.2.1. Propriétés physico-chimique de l'acide salicylique

L'acide salicylique (acide o-hydroxybenzoïque (C<sub>7</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub>) M<sub>m</sub>=138.12g/mol), point de fusion 195°C, point d'ébullition 211°C à 2666 Pa, PK<sub>a</sub>=3.01, est un métabolite secondaire qui appartient aux composés phénoliques naturellement synthétisés par certains végétaux. Elle est modérément soluble dans l'eau mais hautement soluble dans des solvants polaires organiques (Hamam, 2013).

Tableau N°5: Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g/l) (Hamam, 2013).

Ether éthylique	Alcool	Eau à 20°C	Chloroforme	Benzène	Eau à 100°C
2.1	2.2	14.5	62	118	458

Cet acide est présent en abondance dans l'écorce et les feuilles de saule *Salix alba*, notamment, dans les fruits, sous forme estérifiée de salicylique de méthyle (Heller, 1998).

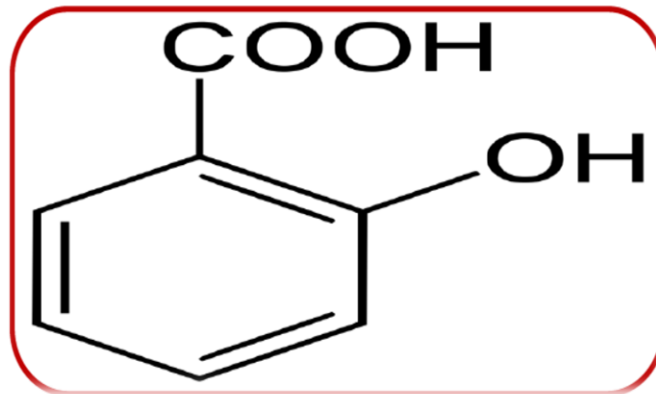


Figure N°8 : Structure de l'acide salicylique (Heller, 1998)

### 1.3.2.2. Biosynthèse de l'acide salicylique

L'acide salicylique résulte de la  $\beta$ -oxydation et de l'hydroxylation de l'acide transcinnamique, un dérivé de la phénylalanine. Le passage de la phénylalanine à l'acide trans-cinnamique est une désamination catalysée par la phénylalanine-ammoniac lyase (PAL). Deux autres réactions: hydroxylation par une monooxygénase à cytochrome P450,  $\beta$ -oxydation, interviennent ensuite, sous deux modalités différentes selon les matériels, (Heller et al., 2000).

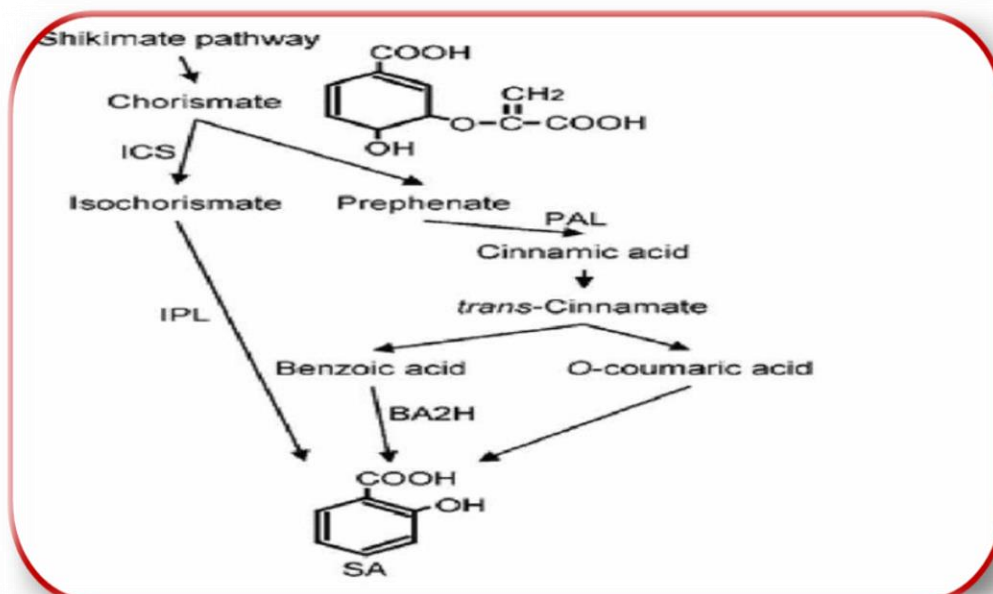


Figure N°9 : Biosynthèse de l'acide salicylique (Heller et al, 2000).



### 1.3.2.3. Le Rôle de l'acide salicylique

La production de l'acide salicylique lors de l'établissement de la résistance systémique chez le concombre et le tabac, beaucoup d'efforts ont été déployés pour élucider le rôle de cette molécule dans cette résistance (Delaney et al, 1994).

#### ✚ Dans les mécanismes de défense de la plante

L'acide salicylique est nécessaire pour activer la plupart des réactions de défense de la plante et on observe souvent une rapide augmentation de sa concentration suite à l'attaque par des agents pathogènes (Smith et al, 1998) ou en réponse à divers stress (UV. Ozone. Blessure...). Par ailleurs, il existe généralement une bonne corrélation entre la capacité de résistance de la plante et sa teneur en acide salicylique (Gozzo, 2003).

L'acide salicylique joue un rôle primaire pour induire l'expression de nombreux gènes, qu'il s'agisse ou non de gènes du métabolisme phénolique. La conséquence en est l'activation des systèmes de défense de la plante, se traduisant par l'accumulation de composés phénoliques et la mise en place des protéines PR (Delaney et al, 1994).

#### ✚ Dans les mécanismes de germination du plant

L'acide salicylique a été trouvé pour jouer un rôle clé dans la régulation de la croissance des plantes, développement, l'interaction avec d'autres organismes et dans les réponses au divers stress environnementaux (Senaratana et al., 2000). Son rôle est évident dans la germination des graines (Klessig et Malamy., 1994).

#### ✚ Acide salicylique et stress abiotique

L'acide salicylique a été trouvé jouer un rôle clé dans la régulation de la croissance des plantes, développement, et dans les réponses au divers stress environnementaux (Senaratana et al, 2000).

Plusieurs travaux ont montré que l'acide salicylique élève la tolérance au froid chez le poivron (Korkmaz, 2007).

La tolérance à la salinité chez *Arabidopsis thaliana* (Borsani, 2005), l'orge (El-Tayeb, 2005) et le blé (Arfan, 2006), et la tolérance à la sécheresse chez la tomate et la fève (Senaratna et al, 2000) et le melon (Korkmaz et al, 2007).

En l'addition aux milieux d'irrigation ou par pulvérisation foliaire, il joue chez certaines plantes et sous différents condition climatique, un rôle de molécule signal pour induire la résistance ou la tolérance chez ces plantes aux différents stress abiotique (Korkmaz et al, 2007).

#### **1.3.2.4.Effet physiologique de l'acide salicylique**

Les travaux effectués sur le rôle physiologique de l'acide salicylique ont mis en évidence que ce composé pouvait influencer différents processus développementaux ou réponses physiologiques comme la capacité de germination, la croissance cellulaire, la floraison ou la thermo-tolérance (Vlot et al, 2009).

L'acide salicylique (SA) est un composé phénolique issu de la voie de biosynthèse des Shikimate- phénylpropanoïdes. Il joue un rôle clé dans les mécanismes de défense des plantes contre les agents pathogènes. En effet, ce composé est impliqué à la fois dans la

Mise en place d'une résistance locale, dans la régulation de l'expression des gènes de défense et la réaction d'hypersensibilité, et dans la mise en place d'une résistance générale, de longue durée et à large spectre, qui protège la plante contre des infections ultérieures qui est la résistance systémique acquise (SAR) (Durrant et Dong, 2004). Les mécanismes de la transduction du signal de la voie de l'acide salicylique impliquent le choc oxydatif, l'activation de la cascade des MAP Kinases et l'induction de gènes de défense (Jalloul et al, 2009).

#### **1.3.3. Les cytokinines**

Les cytokinines sont des adénines substituées ; l'adénine (ou 6-aminopurine) est une base purique qui intervient dans la synthèse des acides nucléiques.

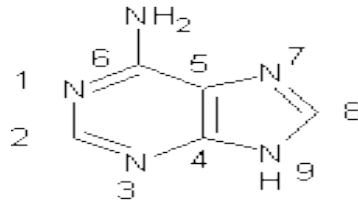
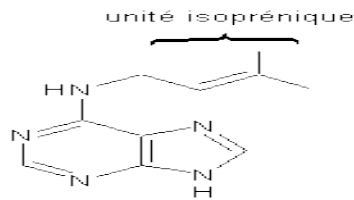
Les cytokinines naturelles correspondent à une molécule d'adénine où un H du groupement  $-NH_2$  est remplacé par une chaîne à 5 carbones (unité isoprénique) : elles existent aussi à l'état de nucléoside et de nucléotide.

Elles sont présentes dans presque tous les tissus mais ce sont surtout les tissus proches de l'apex racinaire qui sont impliquées dans cette production.

Les cytokinines en présence d'auxine stimulent la division cellulaire, leur rôle précis portant sur la duplication des chromosomes et le cloisonnement cellulaire. Elles agissent sur l'auxèse des cellules foliaires adultes et favorisent l'extension radiale des tiges et des racines. Elles activent la production de chlorophylle (anonyme, 2023).


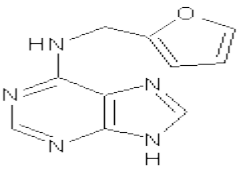
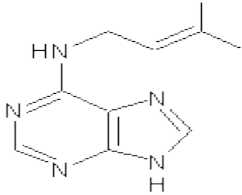
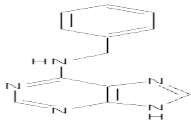
Environ deux cents cytokinines ont été identifiées et isolées.

Adénine (ou 6-aminopurine)



Nous avons regroupé quelques-unes d'entre elles dans les tableaux ci-dessous :

Tableau N°6 :Cytokinines Zéatine et Kinétine (Anonyme 2022)

<p>Zéatine (isomère E)</p> <p><math>C_{10}H_{13}N_5O</math></p> <p><u>Aspect</u> : Poudre cristalline blanche</p> <p><u>Masse molaire</u> :219,25g.mol<sup>-1</sup></p> <p><u>Fusion</u> :207°C</p> <p><u>Ebullition</u> :583,9°C</p> <p><u>N° CAS</u> : 1637-39-4</p> <p><u>Solubilité</u> : Soluble dans l'eau</p> <p><u>Risques</u> :<a href="#">S 22-24/25</a></p> <p> Xi</p>		<p>La plus connue car la plus répandue dans le règne végétal.</p>
<p>Kinétine Ou 6-furfurylaminopurine</p>  <p>Obtenu en 1955 à partir de sperme de hareng.</p> <p><math>C_{10}H_9N_5O</math></p>	<p>Isopentényladénine</p>  <p><math>C_{10}H_{13}N_5</math></p>	<p>N(6)-Benzyladénine</p> <p>Ou N-(Phénylméthyl)-1H-purin-6-amine</p>  <p><math>C_{12}H_{11}N_5</math></p> <p><u>Aspect</u> :Poudre blanche</p>

<u>Aspect</u> : Poudre blanche	<u>Masse molaire</u> : 203,2437 g.mol <sup>-1</sup>	<u>Masse molaire</u> : 225,249 g.mol <sup>-1</sup>
<u>Masse molaire</u> : 215,2114 g.mol <sup>-1</sup>	<u>Densité</u> : 1,266	<u>Fusion</u> : 232,8°C
<u>Fusion</u> : 270°C	<u>N° CAS</u> : 2365-40-4	<u>Densité</u> : 0,899
<u>N° CAS</u> : 525-79-1		<u>Indice de réfraction</u> : n <sub>D</sub> <sup>20</sup> = 1,418
		<u>N° CAS</u> : 1214-39-7

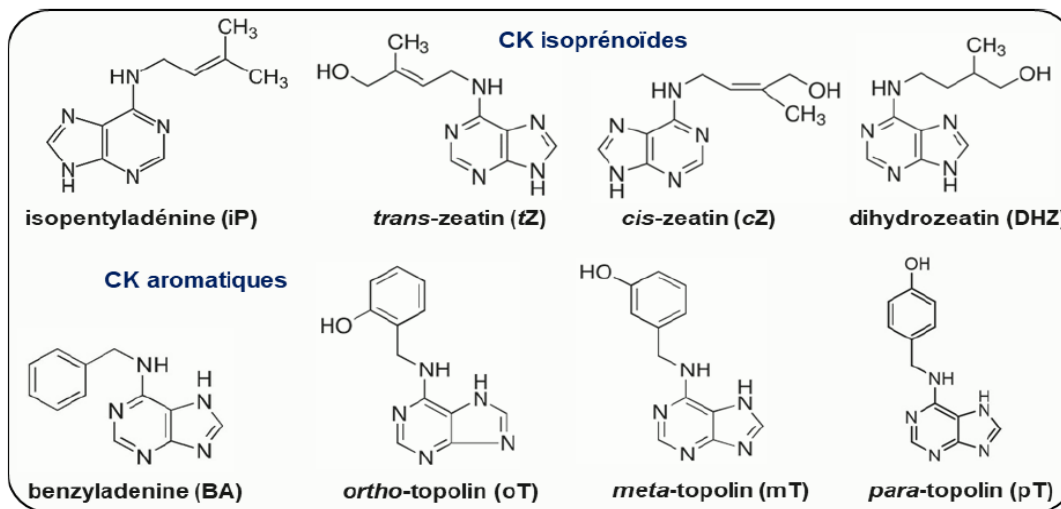
### 1.3.3.1. Caractéristiques structurales et biosynthèse des cytokinines

C'est la kinétine (6-furfuryl aminopurine) qui fut la première substance à avoir été identifiée comme une CK en stimulant la prolifération de cellules in vitro de la moelle de tabac (Kang et al, 2017). Cependant, ce composé n'est pas produit naturellement et aucune trace n'a été retrouvée chez les plantes. La première CK naturelle fut purifiée au début des années 1960, isolée à partir de l'endosperme de maïs et identifiée comme la trans-zeatine (tZ) (Sakakibara, 2010). Puis plusieurs composés présentant une activité « CK » permettant la division cellulaire ont pu être identifiés à partir de plusieurs espèces de plantes (Mok and Mok, 2001).

La structure commune de ces composés a permis de définir pratiquement l'ensemble des CK naturelles comme étant des dérivés d'adénine substitués en position N6 de leur chaîne latérale. C'est ainsi que les CK sont généralement classées en fonction de la configuration de leur chaîne latérale constituée soit par une chaîne dérivée de l'isoprène (CK isoprénoïdes).

Depuis la découverte des CK et de leur rôle dans la prolifération cellulaire, il a longtemps été proposé que les tissus avec une haute activité méristématique comme les racines ou les bourgeons, étaient des lieux potentiels de biosynthèse des CK. Il s'avère toutefois que l'ensemble des tissus sont capables de synthétiser ces composés avec pour lieu de prédominance l'apex des racines dans la zone d'élongation au-dessus du méristème (Muraro et al, 2011).

Figure N°10 : Structures des cytokinines naturelles (Billard estelle, 2020)



### 1.3.3.2. Le biologie des cytokinines

#### ➤ Au niveau cellulaire

- Elles stimulent la division cellulaire sous réserve qu'elles soient en présence de l'auxine.
- Elles agissent sur l'accroissement cellulaire différemment de l'AIA et stimulent la synthèse protéique.

#### ➤ Au niveau de l'organisme

- Elles induisent la néoformation des bourgeons et font régresser l'inhibition exercée par la dominance apicale alors qu'au contraire elles limitent le développement des racines.
- Elles lèvent la dormance de nombreuses graines.
- Elles provoquent le développement des ébauches florales chez certaines espèces en conditions de photopériodisme défavorables.
- Elles stimulent la transformation des proplastides et retardent la sénescence des feuilles (Heller R. 1989).

Les CK participent pleinement à la régulation de la croissance de la plante à travers la germination, le développement des racines et des feuilles, la différenciation des méristèmes, la ramification, la sénescence mais aussi la signalisation nutritionnelle. Elles sont également impliquées dans les réponses environnementales ou les interactions biotiques. Le transport actif des formes tZ s'effectue via le xylème (rouge) et le transport des formes IP via le phloème (bleu).

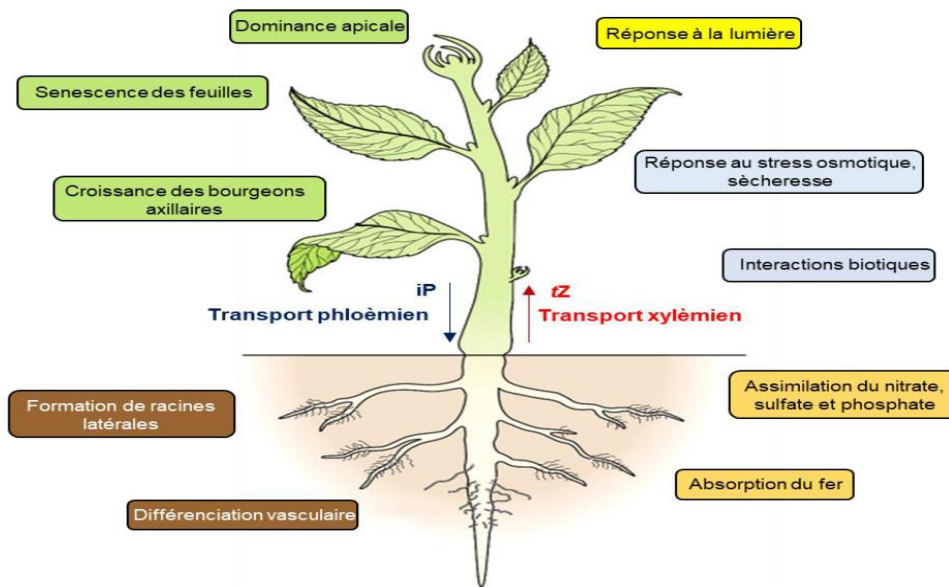


Figure N°11: Principaux rôles des cytokinines dans la plante (Werner and Schmulling 2001).

### 1.3.3.3. Rôles physiologiques et mode d'action des cytokinines

Découvertes dans les années 50 par Carlos Miller et Folke Skoog, les CK sont des hormones végétales mobiles originellement décrites comme des composés capables de promouvoir la division cellulaire (Schaller et al, 2014). En effet, leur nom dérive de la cytokinèse, un processus cellulaire conduisant à la séparation d'une cellule en deux et permettant donc une croissance continue des tissus (Miller et al, 1956). Peu de temps après leur découverte, Miller et Skoog ont émis l'hypothèse du rôle concomitant des CK avec l'auxine dans la morphogénèse végétale, comme ayant une empreinte majeure sur la formation et la croissance des racines et des jeunes pousses (Werner et al., 2001). Depuis, la multiplication d'études sur les rôles physiologiques des CK a permis de préciser leur implication dans divers processus développementaux et de réponses à l'environnement.

Les CK agissent au niveau cellulaire à de faibles concentrations de  $10^{-6}$  M à  $10^{-12}$  M, en contrôlant l'expression de nombreux gènes, le développement des chloroplastes et en stimulant la synthèse de métabolites secondaires (Romanov, 2002).

Les CK participent ainsi à la régulation de la croissance des plantes en intervenant sur la germination, l'organogénèse des jeunes pousses, la différenciation des méristèmes, la ramification, la dominance apicale, mais aussi dans la senescence des feuilles et la signalisation nutritionnelle (Hirose et al., 2007).

La précision des rôles physiologiques des CK a été rendue possible par l'étude des conséquences de l'application exogène de celles-ci, ou de l'utilisation de plantes transgéniques présentant des teneurs endogènes plus importantes ou réduites en CK (Aloni et al, 2006).

Ainsi, un changement des niveaux endogènes des CK entraîne une modification de l'architecture complète de la plante en affectant notamment sa croissance (Stirk and Van Staden, 2010). Par exemple, des plantes transgéniques d'*Arabidopsis*, présentant une plus forte concentration en CK, produisent plus.

Les CK d'origine naturelle sont des dérivées d'adénine qui possèdent une chaîne latérale isoprénoïde ou aromatique en position N6. Les quatre isoformes naturelles des CK isoprénoïdes sont représentées (iP, tZ, cZ, DHZ) ainsi que les CK aromatiques les plus répandues chez les plantes (BA, oT, mT et pT).

Chez des plantes transgéniques déficientes en CK, les racines latérales se forment davantage à proximité d'un méristème racinaire apical élargi et le nombre de ramifications des racines est plus important (Aloni et al, 2006).

Ces observations soulignent une des fonctions majeures des CK en tant que régulateur positif des méristèmes apicaux à travers la stimulation de la division cellulaire et à l'inverse, un régulateur négatif de la croissance des racines en promouvant la différenciation cellulaire (Schaller et al, 2014).

Le rôle des CK dans la croissance des racines et des jeunes pousses est connu pour être étroitement lié avec celui de l'auxine (Saini et al, 2013). En effet, celles-ci ont des rôles antagonistes concernant le développement des racines et la croissance apicale. Chez *A. thaliana*, il a été démontré que les CK favorisent la différenciation cellulaire en réprimant à la fois le transport et la signalisation de l'auxine. Ainsi une application de CK à des concentrations physiologiques conduit à l'inhibition de la formation de racines latérales et adventives qui sont à l'inverse favorisées par l'action de l'auxine (Aloni et al, 2006).

C'est donc la coordination de ces deux hormones qui permet de réguler la croissance des racines en assurant à la fois un maintien de la division et de la différenciation des cellules méristématiques (Saini et al, 2013).

Les CK interviennent donc parmi divers processus physiologiques dans la plante et en particulier de manière continue sur la prolifération cellulaire. Cette dernière est essentielle pour

permettre la régénération de la plante et participe aussi à son acclimatation face aux changements de l'environnement (Aloni et al, 2006). Aussi, la croissance optimale des plantes va dépendre notamment de la distribution spatiale et temporelle de la coordination entre la biosynthèse des CK et leur catabolisme (Pacifici et al, 2015).

#### **1.3.3.4.L'importance des cytokinines**

Les phytohormones telles que les cytokinines sont d'une importance capitale pour le bon fonctionnement des plantes en jouant un rôle crucial dans la régulation de processus physiologiques incluant le développement, la croissance, le transfert, la redistribution d'éléments nutritifs et les réponses aux stress biotiques et abiotiques (Cao et al., 2016). Il apparaît désormais que les cytokinines jouent également un rôle dans la signalisation inter-plantes au niveau de la rhizosphère à travers la formation des EHS des plantes parasites.

#### **1.3.4. La Benzyle-Amino-Purine (BAP)**

Les cytokinines jouer un rôle dans le processus de division des cellules, axillaires tirer poly personne, et de stimuler la croissance des pousses. Le type de cytokinine qui est la plus souvent utilisée est de Benzyle Aminés de la Purine (BAP). BAP joue un rôle dans la stimulation de la division cellulaire et la formation en raison de sa grande efficacité.

Selon Zulkarnain (2009), le BAP est un type de ZPT groupe qui est souvent utilisé dans la culture de tissus, le BAP est une classe de cytokinine hormones qui fonctionne à l'augmentation de la division cellulaire, tirez la prolifération, et de tirer de la morphogènèse.

Hartman et coll. (1997) ont également déclaré que l'ajout des cytokinines dans la culture in vitro moyenne pourrait induire de nouvelles pousses dans des concentrations élevées. Régulateurs de croissance par BAP sont largement utilisés pour l'induction et de tirer la multiplication de différents types de plantes. C'est parce que le rôle principal de la BAP est de stimuler la croissance et le développement de jeunes pousses dans le développement ultérieur produire des feuilles.

Selon Sukendah (2009), BAP affecte la croissance des pousses, à savoir la longueur des pousses dans kopyor de coco, pousses d'explants.

Selon l'avis de Mok, Martin, et Mok (2000), qui a déclaré que le BAP est une adénine-type de cytokinine qui augmente la division cellulaire et l'hypertrophie des cellules dans la culture des plantes.



### 1.3.4.1. Structure chimique de Benzyle-Amino-Purine (BAP)

Formule moléculaire : C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>N<sub>5</sub>

Poids moléculaire (g/mol) : 225.255

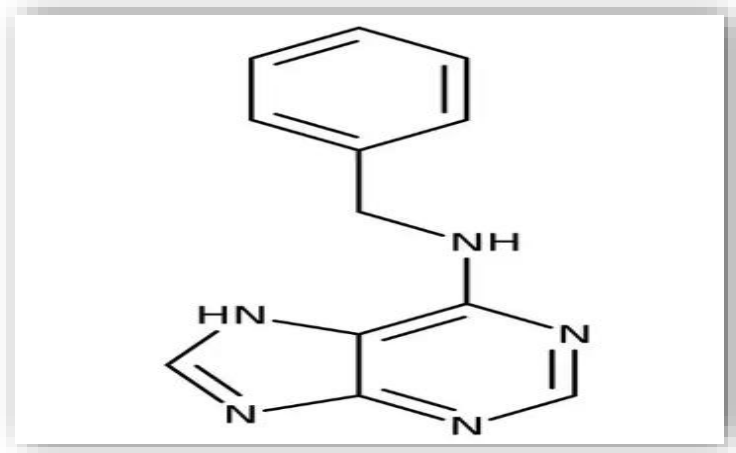


Figure N°12 : structure chimique du BAP (Anonyme ,2023)

### 1.3.4.2. La Benzyle-Amino-Purine (BAP) et la germination

Pré-semis de BAP traitement est dans la pratique courante dans l'amélioration de la germination et l'augmentation de la vigueur des plantules par exemple dans *Amaranthus cruentus* L. (Tiryaki, et coll., 2009).

La littérature à l'évidence montre que les tentatives faites pour améliorer la germination des graines et à améliorer la qualité de *E. trinervium* sont rares. Au meilleur de notre connaissance, c'était la première enquête sur l'impact du pré-semis de BAP traitement des graines la germination et la vigueur des plantules d'*E. trinervium*. Par conséquent, les principaux objectifs de la présente étude ont été d'élaborer un programme efficace de pré-semis de BAP traitement pour améliorer la germination des graines et de plantules en vigueur ainsi que l'identification morphologique des traits pour l'évaluation de la bonne santé des plants d'*E. trinervium*.

## **1.4.Stress hydrique**

### **1.4.1. Notion de stress**

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente le (s) facteur(s) responsable(s) des perturbations, et des changements, plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante subies à la cour de son développement (Bouchoukh, 2010).

En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normaux de la physiologie des plantes, il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Le changement dans l'expression des gènes qui s'ensuit modifie la croissance et influence les capacités reproductives de la plante, causant ainsi des dommages aux plantes.

### **1.4.2. Le stress hydrique**

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (Laberche, 2004).

La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004). L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse (Slama et al, 2005).

#### **1.4.2.1.Paramètres affectés par le stress hydrique**

Les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister aux variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique. La teneur en eau du sol dans la zone racinaire décroît et induit une diminution de la transpiration ainsi que du potentiel hydrique foliaire.

Les paramètres affectés par le stress hydrique au niveau de la plante sont : la photosynthèse, l'alimentation minérale, la croissance végétative, etc.... (Son diakalla, 2010).

### ➤ Croissance végétative

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitantes est fortement perturbé (Lebon et al, 2006).

On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (Attia, 2007).

Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer ; et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (Bouchabke et al, 2006).

### ➤ Photosynthèse

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influence sur la photosynthèse et la respiration, est la plus importante. Plusieurs travaux permettent de voir comment les organes végétaux sont affectés par la sécheresse. La baisse du potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique. Donc un stress hydrique, en provoquant la fermeture des stomates se traduit par un ralentissement de la photosynthèse en même temps que la transpiration (Teulat et al, 1997).

### ➤ Alimentation minérale

Le déficit hydrique induit un déficit de nutrition azotée qui provient principalement des réductions de flux d'azote au niveau des racines et de la réduction des échanges entre les parties aériennes et racinaires du fait de la chute de la transpiration (Dugo, 2002).

Le facteur d'aridité peut affecter la nutrition phosphatée dans les zones semi-arides en réduisant de manière drastique les possibilités de désorption des ions phosphate depuis la phase solide du sol et de leur transfert vers la racine (Fardeau et Frossard, 1991).

#### 1.4.2.2. Effet du stress hydrique sur les plantes

Selon le texte "Botanique", le manque d'eau est le facteur le plus limitant dans la régulation de la photosynthèse et le processus par lequel les plantes convertissent l'énergie lumineuse (Wang et al, 2003).

**Flétrissement :** Les cellules végétales contiennent de grands navires appelés vacuoles. Ces structures servent un certain nombre de fonctions, y compris le stockage de l'eau. Vacuoles bien

hydraté poussent contre les parois cellulaires épaisses faisant la cellule rigide, ou turgescente. Lorsque toutes les cellules sont turgescentes, la plante elle-même est ferme et croquante. Quand une plante perd de l'eau, les contrats vacuoles et ne peuvent pas maintenir cette pression. Les cellules deviennent flasques et flétrit la plante.

**Stomates fermés :** Lorsque les plantes sont bien hydratées, "les Botanistes" note que jusqu'à 95 pour cent de l'eau absorbée par les racines retourne dans l'atmosphère par la transpiration. La transpiration est la libération de vapeur d'eau et de l'oxygène gazeux à travers de minuscules trous dans les feuilles appelés stomates. Lorsque l'humidité est limitée, les stomates se ferment pour ralentir la transpiration et de conserver l'eau. La photosynthèse ne peut se produire lorsque les stomates sont fermés, et la croissance s'arrête.

**Sensibilité accrue aux photos inhibition :** La surexposition au soleil peut réduire l'efficacité photosynthétique. Botanistes appellent cela photo inhibition. Experts cru que stomates fermés représentait à elle seule réduit la photosynthèse dans des conditions de sécheresse, mais une étude publiée dans le "Australian Journal of Plant Physiology" a indiqué que la sécheresse modifie fonctions physiologiques ainsi, Le stress hydrique augmente la proportion d'éléments

Photosynthétiques les plus sensibles aux dommages légers, ce qui rend la plante entière plus vulnérables.

**Perte de feuilles :** Lorsque l'eau est rare, le vieillissement du feuillage devient un passif à l'usine. Plantes à feuilles caduques peuvent subir la sénescence précoce, qui laisse passer par le processus de l'excrétion naturelle d'avance. D'autres plantes peuvent simplement jeter feuilles fanées. Les symptômes de la défoliation causée par la sécheresse comprennent le curling, le laminage, le pliage et l'excrétion éventuelle des feuilles.

**Les dommages de la racine :** Les poils principalement responsables de l'absorption d'eau profondes sont aussi les plus susceptibles d'être endommagés. L'université de Georgia École des ressources forestières explique que durant les premiers stades de stress hydrique, les augmentations de croissance des racines d'accéder à l'eau plus profondément dans le sol. Comme la sécheresse continue, cette surface supplémentaire conduit à la perte d'eau. Les plantes répondent en convertissant les poils absorbants à Woody liège, les rendant impropres pour le transport de l'eau.

**Les dommages nuisibles :** Les plantes qui sont affaiblis de stress hydrique sont plus sensibles aux dommages provenant d'espèces de ravageurs et les maladies des plantes. L'université de la Géorgie

affirme que les arbres stressés ont moins de ressources disponibles pour la défense contre les envahisseurs et les agents pathogènes ou en cas de dégâts.

### **Le ralentissement de la croissance**

Les dommages aux racines, l'invasion de ravageurs et la croissance des plantes lente de réduction de la photosynthèse. Allongement des pousses et la formation, la formation des bourgeons et le développement des feuilles ne peuvent avoir lieu avec des ressources insuffisantes. Cela peut être particulièrement important pour les espèces d'arbres qui ont des fenêtres de croissance limitée au cours de l'année. Pour ces espèces, une brève sécheresse estivale peut influencer sur la croissance de l'ensemble de l'année (Wang et al, 2003).

#### **1.4.2.3. Stress hydrique et germination**

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse la situation peut se traduire par une absence de levée (Feliachi et al, 2001).

La sécheresse est l'un de principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement.

Au cours de cette phase, c'est le métabolisme des carbohydrates qui se trouve fortement affecté (Ingram J. et al, 1996), à travers la perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. Il a été démontré que le glycéraldéhyde-3-déshydrogénase cytotogiques est fortement induit par le déficit hydrique ce qui est l'origine d'un changement de l'acuité de la glycose (Velasco et al, 1994).

De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés en amont par les variations de l'hydratation cellulaire. Quoique l'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent une étape incontournable dans le déroulement de la germination, mais indirectement la disponibilité des carbohydrates pendant cette phase assure un rôle de protection contre le déficit hydrique. Ils constituent les principaux osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique, assurent une protection des macromolécules essentiellement membranaires (Bray et al, 1989).

### 1.4.3. Polyéthylène glycol (PEG-1000)

C'est un polymère biocompatible, non ionique et non toxique utilisé dans les domaines biomédicaux, biotechnologiques et pharmaceutiques (Annunziata O. et al, 2002). Il est appelé également macrogol dans le domaine médical (Tani et al, 2002).

#### 1.4.4.1. Structure et propriétés de PEG

##### a. Structure

Le PEG est un enchainement d'unités structurales répétitives de monomère d'éthylène glycol :

-**Monomère:** HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH ethylene glycol

-**Dimère:** HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH Diéthylène glycol

-**Polymer:** (-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub> CH<sub>2</sub>-) n polyethylene glycol (Roberts's m.j. et al., 2002).

Le PEG peut être synthétisé par l'interaction d'oxyde d'éthylène avec l'eau ou d'oligomère d'éthylène glycol (Kadajji v.g. et Betageri g.v, 2011).

##### b. Propriétés

- Le PEG à plusieurs propriétés : -il n'est ni absorbé, ni fermenté. -il est soluble dans l'eau et dans beaucoup de solvants organiques comme : le toluène, le chlorure de méthylène, l'éthanol et dans l'acétone (Tani et al, 2002).

-Il résiste à la reconnaissance du système immunitaire (Britton Keys k, 1998).

- Les polyéthylènes glycols ayant une moyenne des poids moléculaires de 400, 1500, et 4000 ne causent aucun effet indésirable chez les chiens lorsqu'ils sont administrés à 2% dans leur régime alimentaire pendant un an.

#### 1.4.4.2. Rôle du PEG

-Il augmente l'activité enzymatique en raison des interactions favorables entre la coenzyme NADP et PEG.

-Le PEG 4000 permet une haute solubilité des sels et peut être utilisé dans des réactions d'oxydations et de substitution (Pancera M.S., 2002).

## 1.5. Intérêts des *Atriplex*

### 1.5.1. Intérêt fourrager

Au vu de sa grande résistance à la sécheresse, à la salinité et à l'ensoleillement, les *Atriplex* constituent une réserve fourragère importante, utilisable par les ovins, les caprins et les camélidés (Castroviejo et al, 1990).

Sous des précipitations annuelles de 200 à 400 mm, *Atriplex halimus* compte, avec *Atriplex nummularia* et *Atriplex canescens*, parmi les espèces les plus intéressantes, produisant de 2000 à 4000 kg de matière sèche par an et par ha de fourrage riche en protéine (10 à 20 % de la MS) (Le houérou., 1992; Ben Ahmed et al, 1996).

Cependant, la teneur importante en NaCl du fourrage augmente la consommation en eau des animaux et diminue son appétence, pouvant à terme limiter l'exploitation d'*Atriplex halimus* en tant que plante fourragère dans les régions où l'accès à l'eau est difficile.

Le Houérou cité par Aouissat 1992, observe que les analyses chimiques au laboratoire ne donnent qu'une estimation approximative quand à la détermination de la valeur nutritive est la digestibilité.

Tableau N°7 : Composition chimique moyenne d'*Atriplex halimus* en % de la MS (Le Houérou, Aouissat 1992).

Paramètres / Auteurs	Ms	Mo	Cb	MAT	P	Ca	K	Na
Nafzaoui et chermiti, 1991	30,56	74,60	11,89	18,77	0,44	1,66	2,47	3,33
FAO, 1990	-	-	-	-	-	6,29	3,56	1,95
Garcia et al, 2002	-	-	-	-	0,28	1,21	2,32	11
El shatnarvi t Turuk, 2002	52	-	-	-	0,32	0,55	-	4,4
Bouhadi, 2002	24,4	-	-	-	-	-	-	-

### 1.5.2. Mise en valeur des sols pauvres

Les *Atriplex* sont les arbustes les mieux adaptés aux régions arides et au sol pauvres, d'autre part, 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. Les *Atriplex* permettent également de remettre en état de nombreux pâturages à flore et sols dégradés. En Algérie les essais réalisés dans les régions de Djelfa et Boussaâda avec plusieurs espèces d'*Atriplex* dans le cadre du "barrage vert" ont donné des résultats satisfaisants (Benrebiha, 1987).

### 1.5.3. Mises en valeur des sols salés

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

Les *Atriplex* peuvent aussi "désaliniser" les sols. En effet la teneur en NaCl atteint 20% de la matière sèche pour *Atriplex nummularia* (Sarson., 1970).

IL est possible d'extraire d'un hectare 1100 Kg de NaCl en une année de culture (Franclet et Le Houerou, 1971). D'après Le Houèrou et Pontanier (1988) les *Atriplex* sont donc des plantes qui peuvent être utilisées dans les régions menacées par la salinité..

### 1.5.4. Intérêt écologique

Dans les zones arides et les zones semi arides, les *Atriplex* font partie des plantes les plus intéressantes pour le peuplement des terrains affectés par la salinité (Debez et al, 2001).

Ces plantes possèdent un système racinaire très développé qui leur permet d'utiliser les réserves d'eau du sol de façon exhaustive et de former un réseau dense susceptible d'agrèger le sol et de le rendre résistant à l'érosion (Osmond et al. 1980).

En outre, les formations à base de buissons fourragers forment une bonne couverture végétale à feuillage dense qui protège le sol des agressions climatiques, sources d'érosion (pluie, vent, grêle, etc...) (Dutuit et al. 1991).

Cette plante a joué un rôle important comme brise-vent, pour la protection du sol et la création d'un microclimat favorable, permettant aux autres espèces fourragères, d'augmenter leur productivité (Mulas et Mulas 2004).



Tableau N°8 : Production d'une population d'*Atriplex* (Malet (1969)).

Année	Eau fournie M <sup>3</sup> /ha	Production en Tonnes/hectare			
			Feuilles	Bois	Total
1968	3600	Matière fraîche	8	3,7	11,7
		Matière sèche	2	1,9	3,9
1969	2400	Matière fraîche	9	5,8	14,8
		Matière sèche	2,2	3	5,2

### 1.5.5. Intérêt économique

La structure ligneuse des *Atriplex* constituent une source d'énergie intéressante (Abbad et al,2004).La richesse de cette espèce (les feuilles) en fibres alimentaires (cellulose), protéines, vitamines(B et C) et sels minéraux (sodium, calcium, potassium, magnésium phosphore...), digestibilité et rétention d'azote, lui donne des valeurs nutritionnelles et énergétiques intéressantes pour les Bétails comme fourrage et comme aliments des populations locales et steppiques (ex. Djelfa en Algérie), car pacson contenu riche en fibres, il facilite la digestibilité, et contribue à l'amélioration de la qualité de produit laitier de chèvres (Alvarez et al, 2008).

Une bonne formation d'*Atriplex halimus* peut produire jusqu'à cinq tonnes d'hectare de matière sèche par an sur des sols dégradés ou salins inutilisables pour d'autres .En Algérie, les chercheurs ont dénombré 13 espèces natives dont cinq pérennes et huit annuelles cultures (Dutuit et al, 1991).

## Chapitre II : Matériels et Méthodes

### Objectif

Dans le but de valorisation de l'espèce *Atriplex halimus* et l'utilisation de cette dernière dans la restauration et la préservation des zones aride et semi-arides. Nous avons étudié la contrainte hydrique sur la germination des graines de l'*Atriplex halimus* en utilisant deux hormones l'acide salicylique et le BAP cytokinine pour améliorer la germination.

### 2.1.Choix de Matériel végétale

La récolte des graines a été effectuée sur terrain après plusieurs sortie à partir le 20 novembre 2022, les graines ont été décortiquées manuellement, ces dernières sont sélectionnées (selon la taille, l'état sanitaires). Ensuite désinfectées par un traitement de 15 min d'hypochlorite de sodium dilué 5 fois, puis 5 min dans l'alcool à 70° dilué 3 fois, enfin un rinçage avec l'eau distillée.

### 2.2.Choix de site

#### ➤ Site Matarba

Le site est situé dans le littoral de la région de Mostaganem, caractérisée par une grande diversité floristique on remarque des touffes denses d'*Atriplex halimus* avec des espèces de la famille des halophytes.

Le site	Latitude	Longitude	Altitude
Matarba	35°56'54.07"N	0° 5'14.38"E	20m

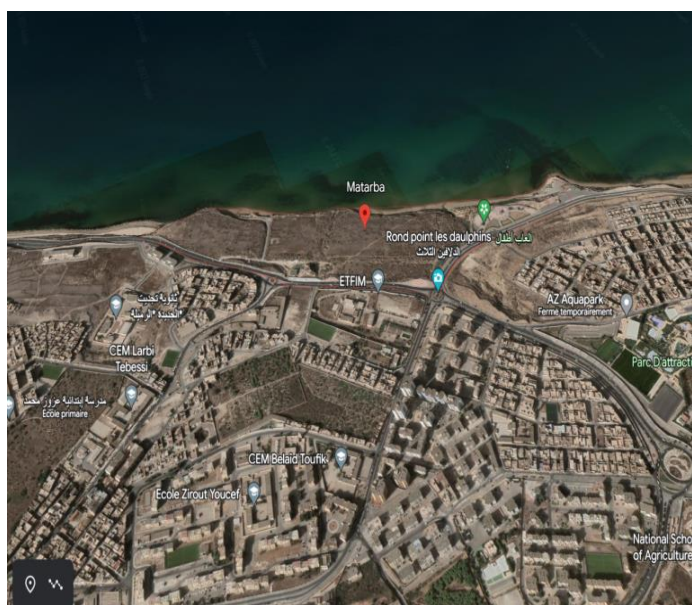


Figure N°13 : Carte du site Matarba  
(Google Earth.2023)



Figure N°14 : Site de Matarba  
(Bendehiba. Ghenime 2023)

### 2.3.Solutions d'Hormones

Pour réaliser l'essai, nous avons utilisé deux hormones, l'acide salicylique et Le BAP (cytokinine).

#### ➤ Préparation des solutions de l'Acide salicylique

Concentration	T0	T1	T2	T3
Acide salicylique	Eau distillée	0.5mM	0.75Mm	1mM

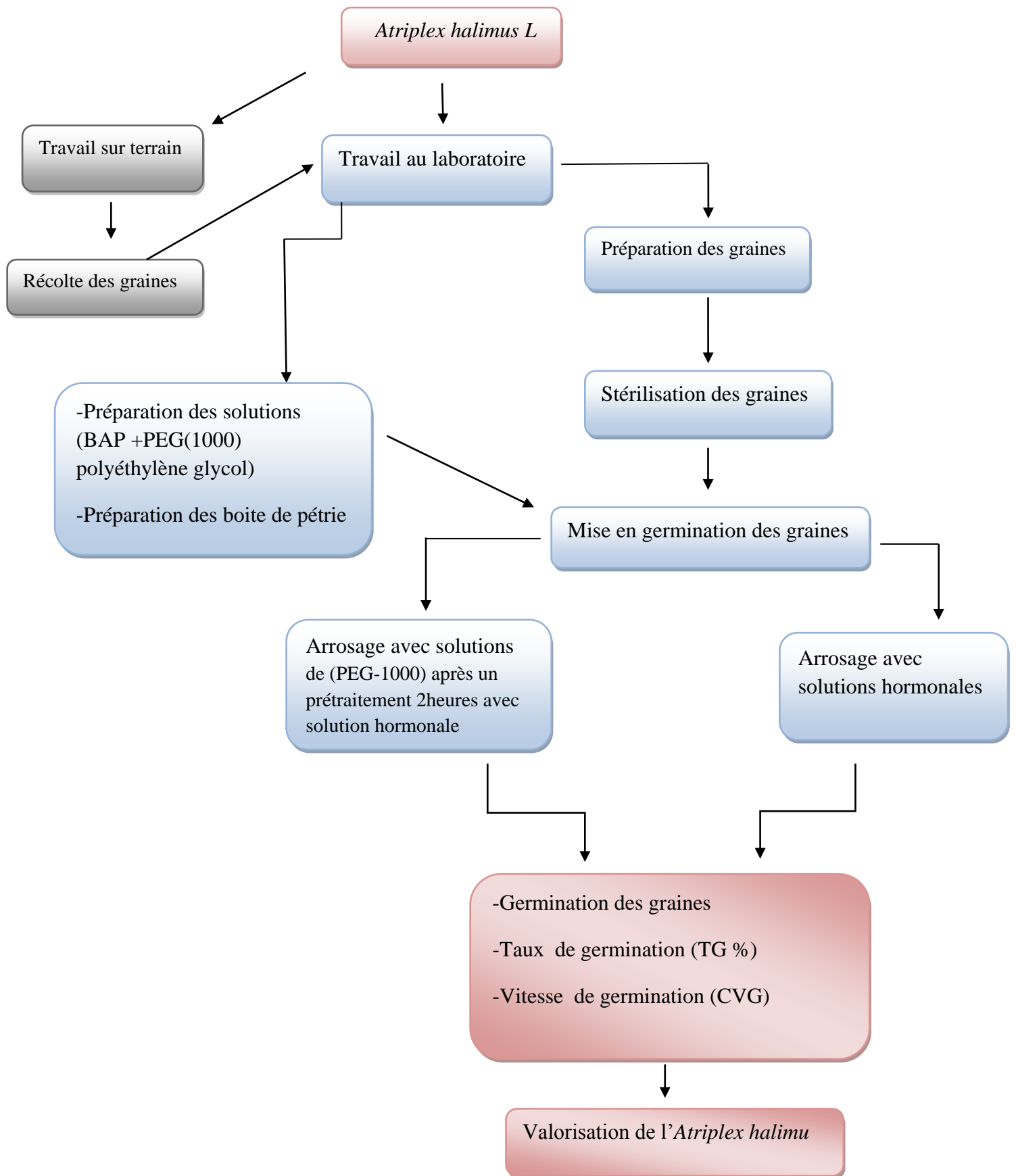
#### ➤ Préparation des solutions de BAP (cytokinine)

Concentration	T0	T1	T2	T3
BAP	Eau distillée	10 ppm	20ppm	30ppm

#### ➤ Solution de polyéthylène glycol (PEG)

Concentration	T0	T1	T2	T3
PEG	Eau distillée	10 %	15%	20%

2.4. Protocole expérimentale



### 2.5.Mise en culture

Les graines ont été stérilisées dans une solution de l'eau de javel pendant 15 minutes et dans l'alcool puis lavées trois fois à l'eau distillée et laissées sécher dans des papiers filtre. La germination a été faite dans des boîtes de Pétri tapissées par un coton nous avons déposées 20 graines par boîte, les boîtes de pétri sont imbibées d'eau distillée pour le témoin et avec différentes concentrations d'acide salicylique (0.5, 0.75 et 1 mM), pour la première expérimentation et de BAP cytokinine (10, 20, 30 ppm) pour la deuxième expérimentation et enfin la troisième expérimentation les graines sont arrosées avec le PEG... (10, 15 et 20 %).



Figure N°15 : Mise en culture des graines d'*atriplex halimus*

## 2.6. Détermination des paramètres de germination

### ✚ Taux de germination (TG)

Le taux de germination ou TG est exprimé par le rapport du nombre de graines germées (n) sur le nombre total de graines testées (N) rapporté à 100% (Côme, 1970).

$$\mathbf{TG = \frac{n}{N} \times 100}$$

### ✚ Le coefficient de vélocité

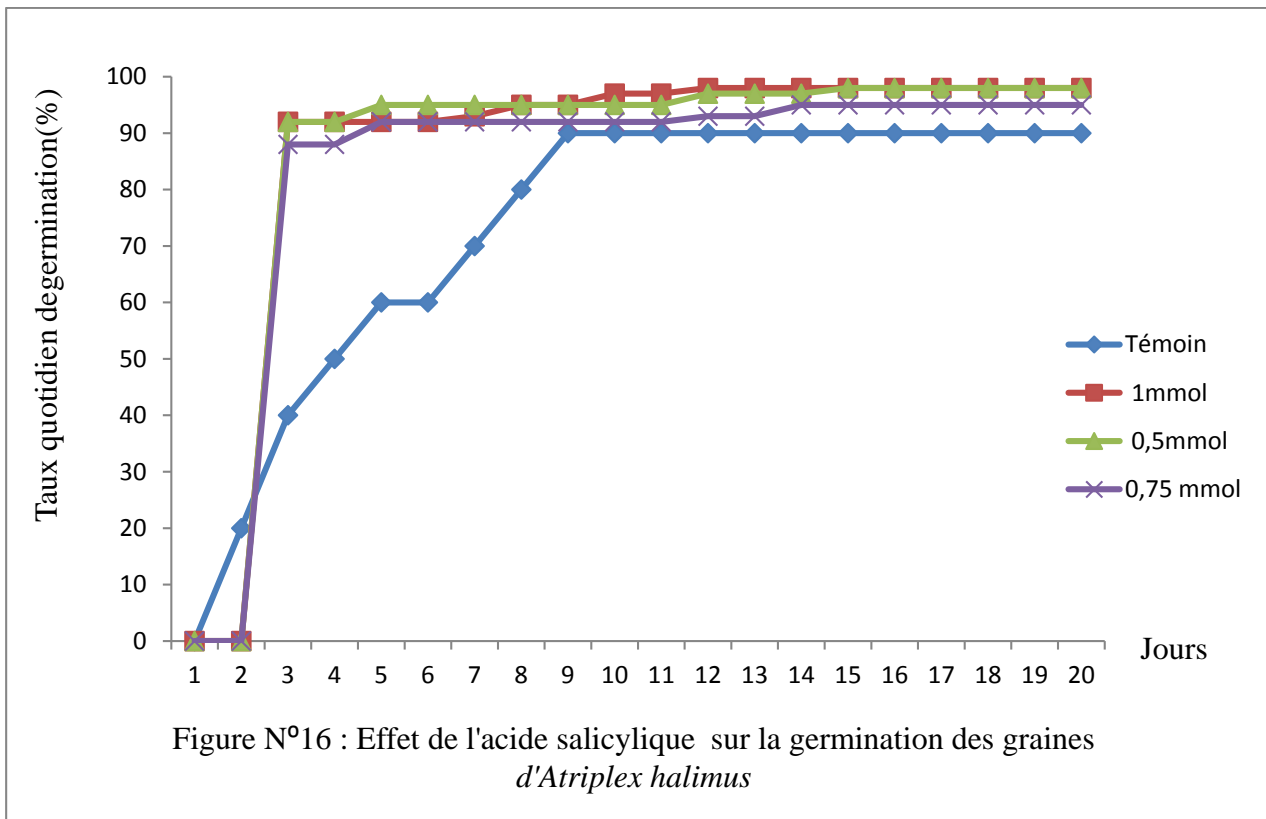
(CVG) (Ranal & Garcia de Santana, 2006) est libre de l'influence du nombre de graines germées dans les échantillons et correspond à la réciproque du temps moyen de germination. Il est noté comme suit :

$$\mathbf{CVG = \frac{100(n_1+n_2+\dots+n_x)}{n_1t_1+n_2t_2+\dots+n_xt_x}}$$

N<sub>1</sub> : nombre de graines germées au jour T<sub>1</sub>.

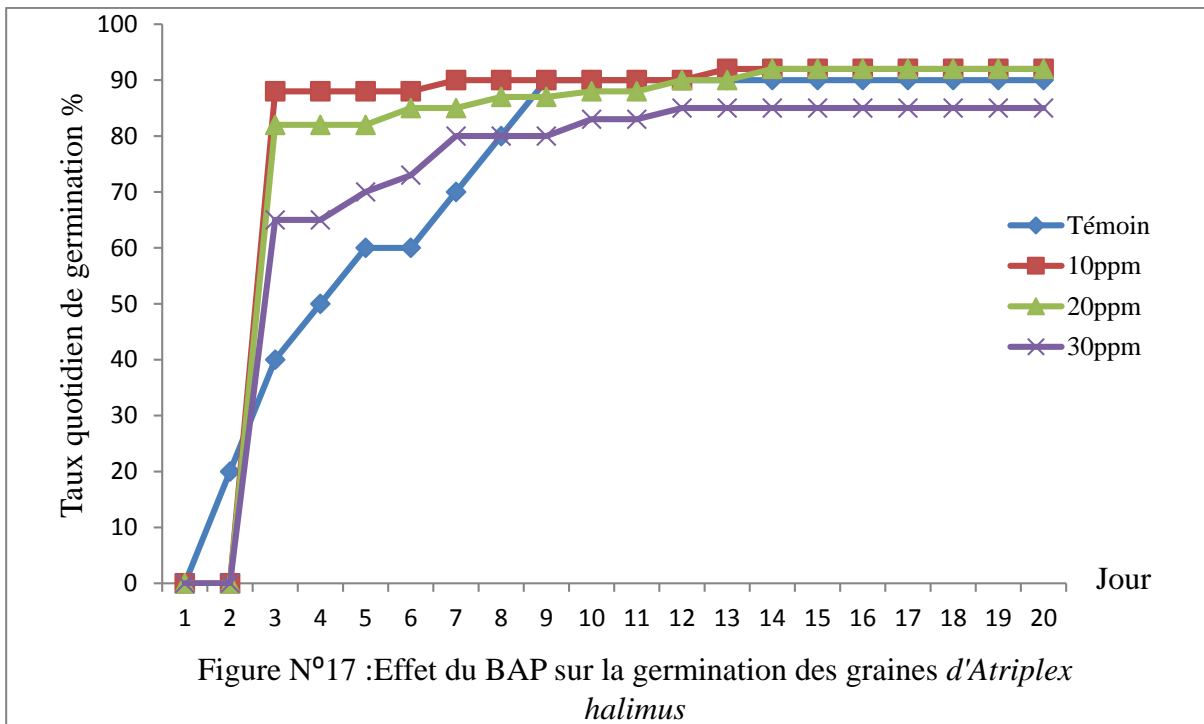
N<sub>n</sub> : nombre de graines germées entre le temps T<sub>n-1</sub> et le temps T<sub>n</sub>.

## Chapitre III : Résultats et discussion

3.1.Effet de l'acide salicylique (AS) sur la germination des graines d'*Atriplex halimus*

D'après la figure N°16 On enregistre un taux de germination de 40 % pour le témoin le troisième jour.

Une nette amélioration de germination des graines d'*Atriplex halimus* avec les concentrations de l'AS de 1et 0.5 mM ou on a obtenu un taux de germination de 92 % le troisième jour, par contre a une concentration de 0.75 mM le taux de germination est de 88%.On remarque un retard de deux jours pour les prétraitements à l'AS de 0.5, 0.75 et 1mM.

3.2.Effet du BAP sur la germination des graines d'*Atriplex halimus*

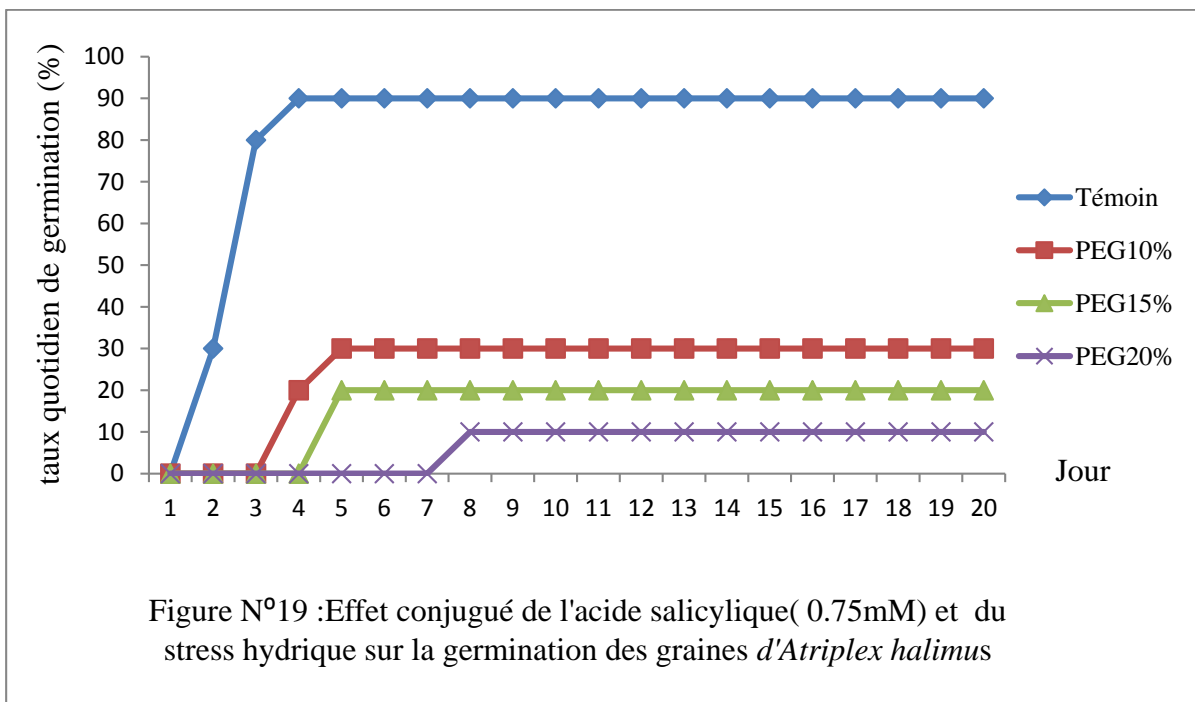
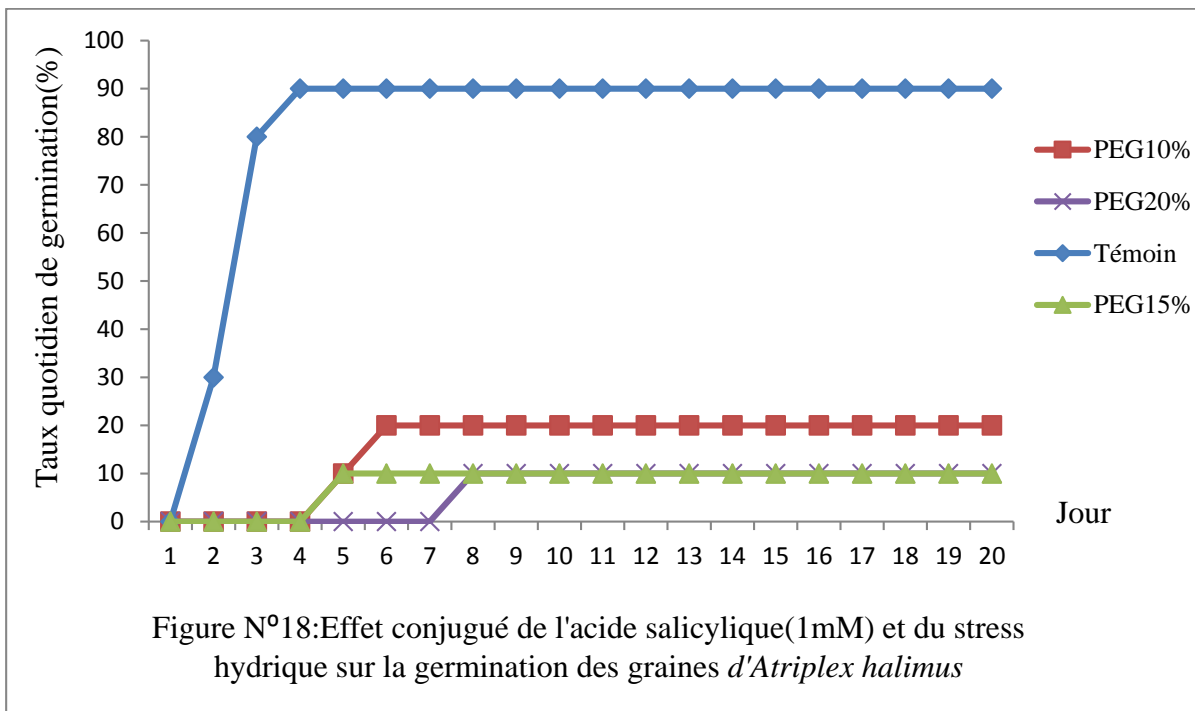
La figure N°17 Montre que la germination des grains commence le deuxième jour pour le témoin, avec un taux faible environ 20%, elle atteint son maximum le quatorzième jour 90 %.

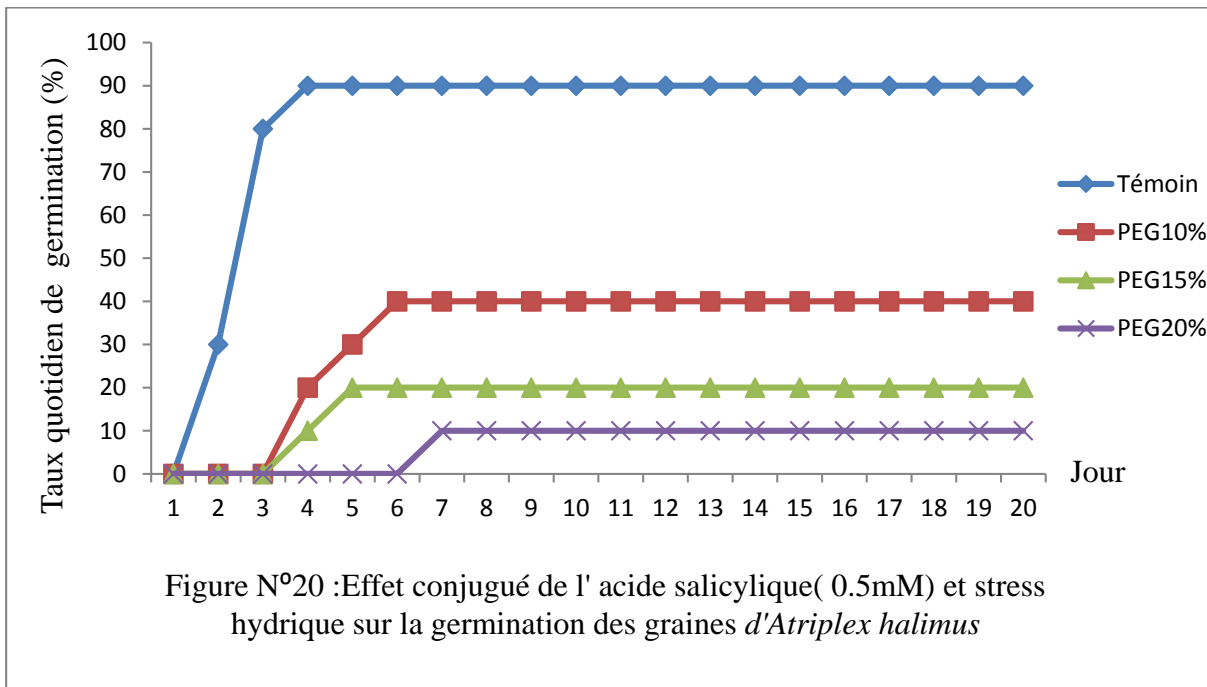
On remarque que le prétraitement avec le cytokinine (BAP) aux concentrations 10 ppm, 20 ppm a également amélioré le taux de germination des graines par rapport au témoin, les taux sont respectivement de 82 et 88 % le troisième jour .Pour une concertation d'hormone de 30 ppm la germination a chuté de 65% le troisième jour.

En revanche, pour les grains traités aux différentes concentrations de BAP, on enregistre un retard de germination de deux jours par rapport au témoin.



3.3.Effet conjugué du l'AS et stress hydrique sur la germination des graines d'*Atriplex halimus*

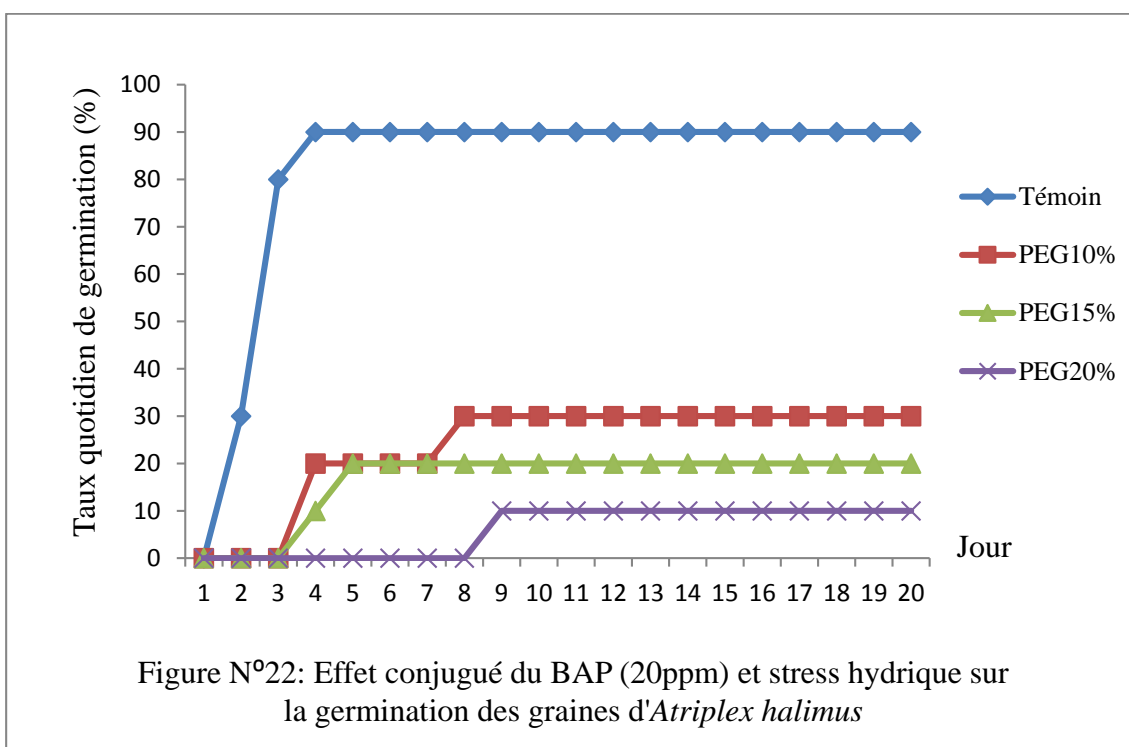
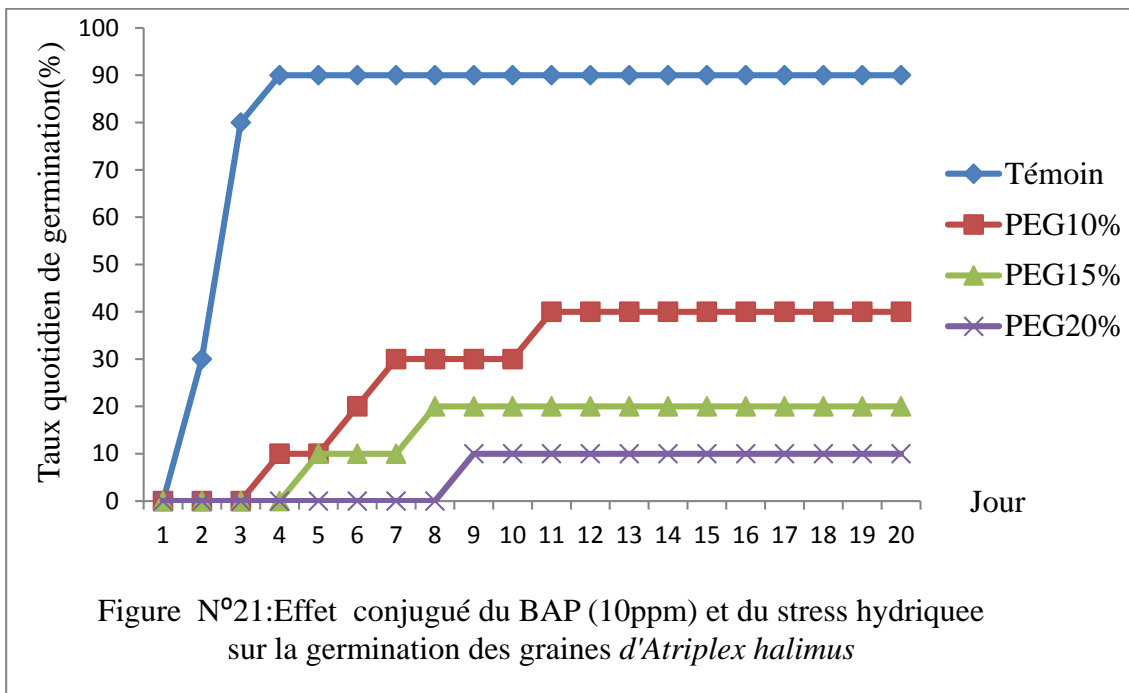


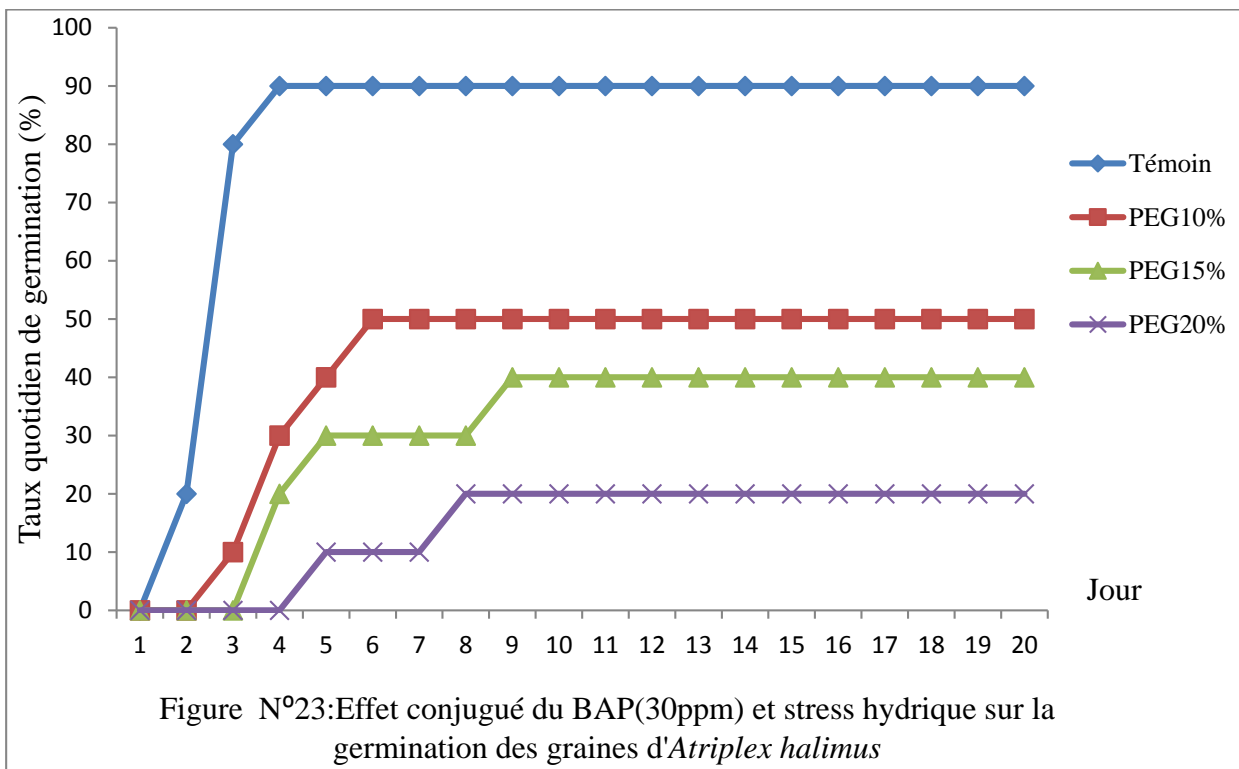


D'après les 3 figures (18.19.20) on remarque plus la concentration en PEG augmente plus on enregistre un taux de germination moins élevé. Les graines traitées avec 1mM de l'acide salicylique et stressé à 20% de PEG, la germination accuse un retard de sept jours et un faible taux de germination (10%).

Pour les graines stressées au 10 et 15% de PEG on remarque un retard de trois jours et un taux de germination de 40 % et 20 % pour un traitement à l'acide salicylique de 0.5 mM. Pour un traitement à l'AS de 0.75 mM et PEG de 15% on remarque un retard de quatre jours et un taux de germination de seulement 20 %. Une concentration élevée en PEG inhibe la germination des graines quelque soit le traitement en hormones (AS).

3.4.Effet conjugué du BAP et stress hydrique sur la germination des graines d'*Atriplex halimus*

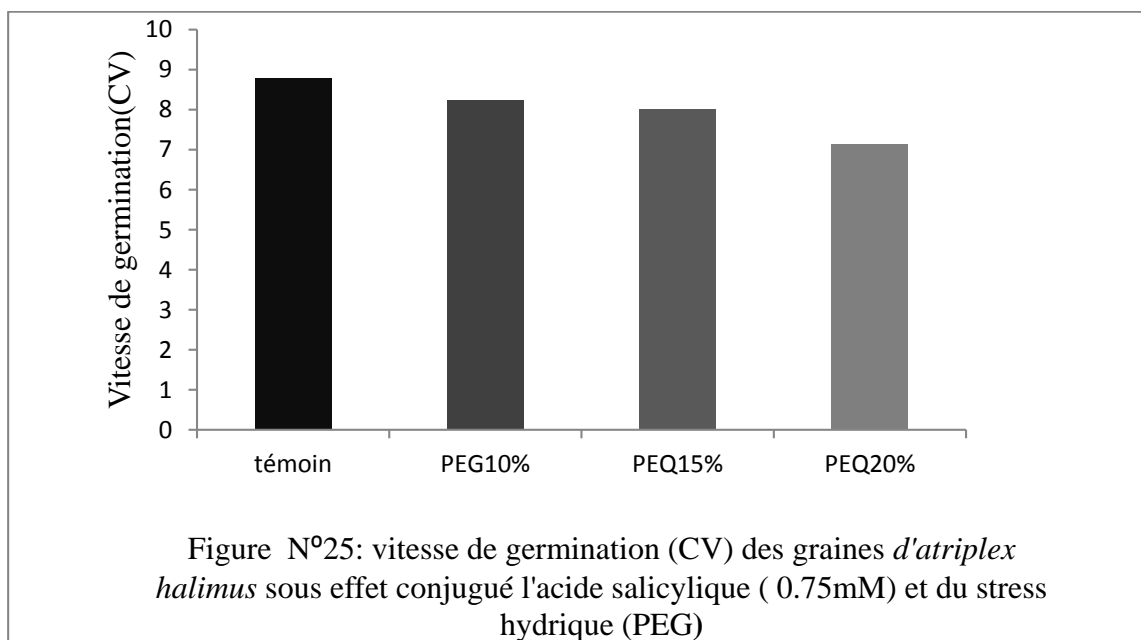
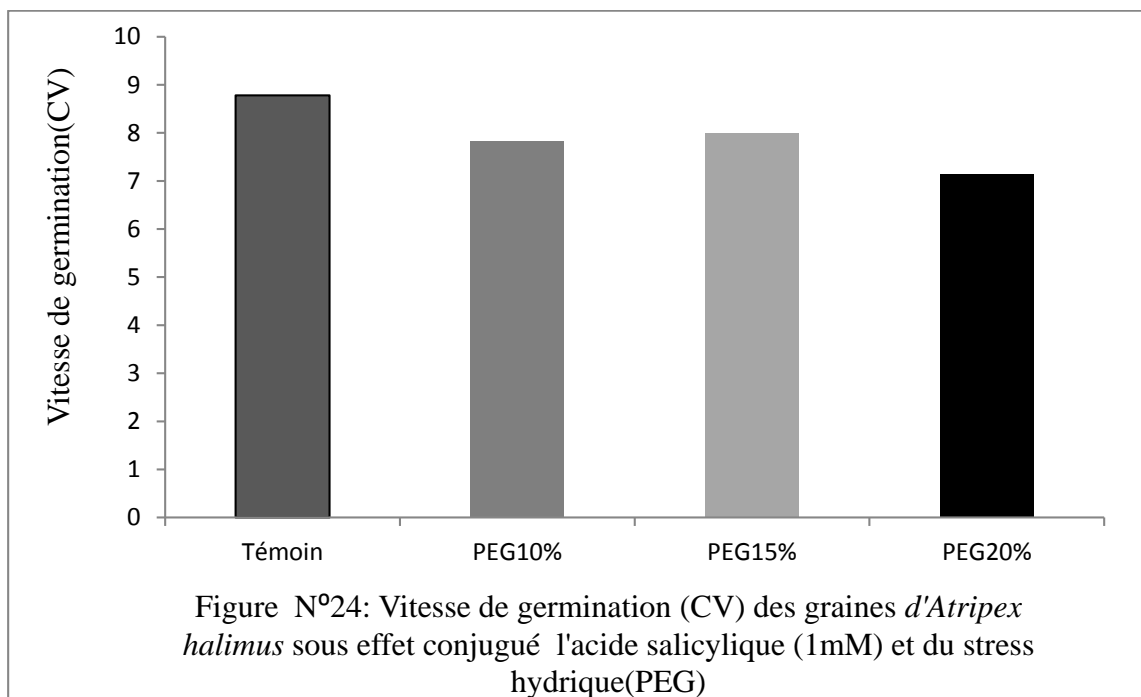


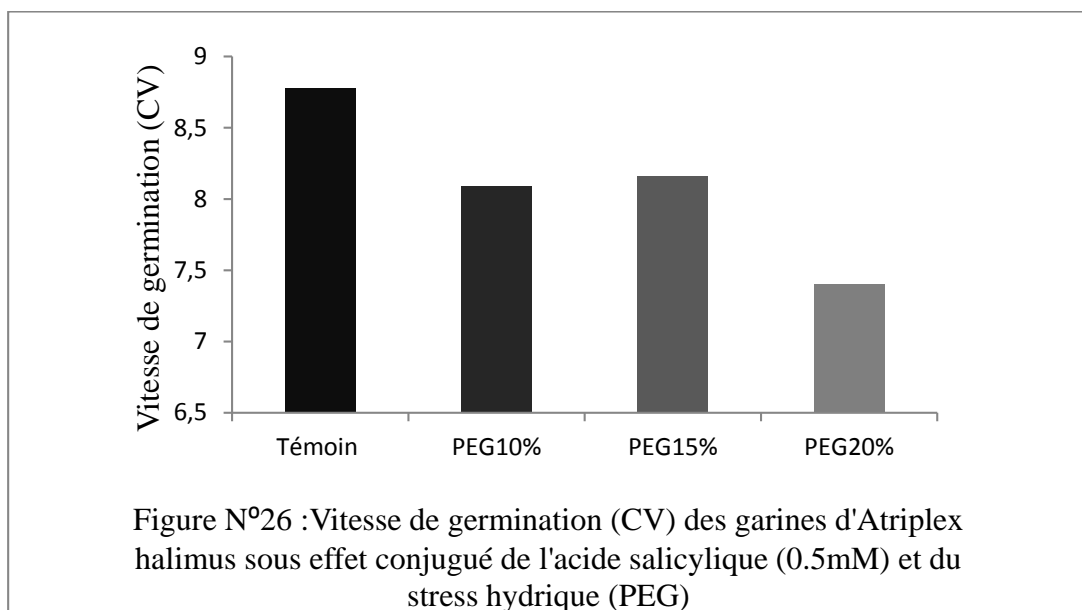


D'après les 3 figures (21.22.23) on remarque un retard de germination de trois jours pour les traitements de 10 et 20ppm et 10% PEG avec un taux de germination de 30 et 40 %. A un traitement de 30 ppm et 10 % PEG on remarque un retard de seulement de deux jours et un taux élevé de germination (50 %).

La germination est sérieusement affectée par le niveau 20 % PEG et un retard de sept à huit jours, le taux de germination varie entre 10 et 20 %.

3.5. Vitesse de germination des graines *d'Atriplex halimus* sous effet conjugué l'acide salicylique et du stress hydrique(PEG)



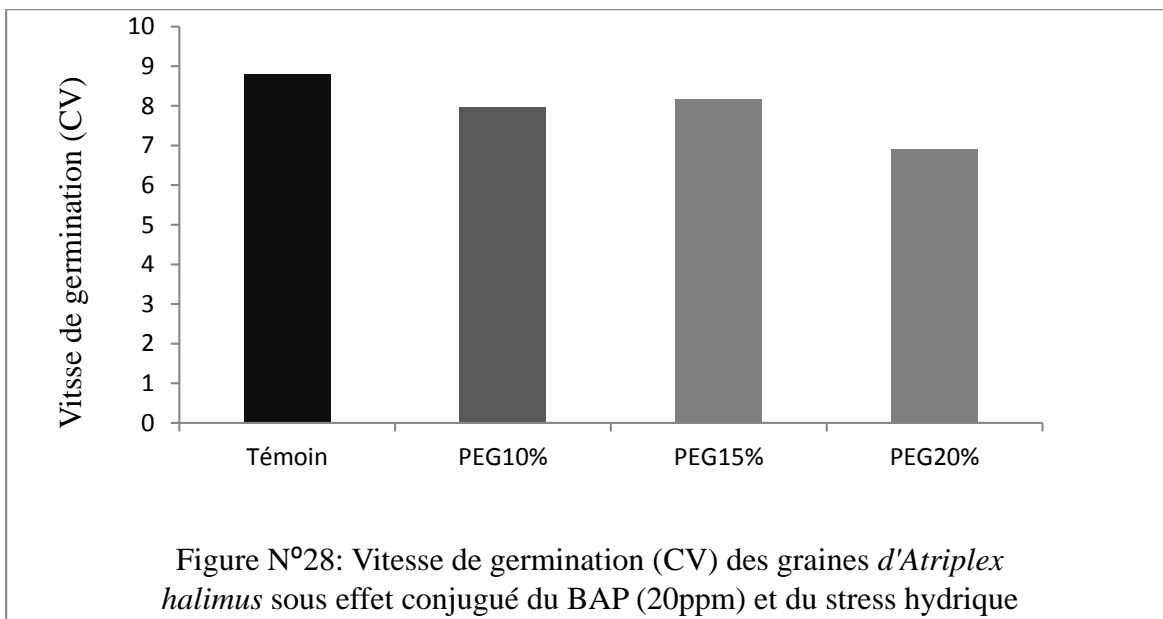
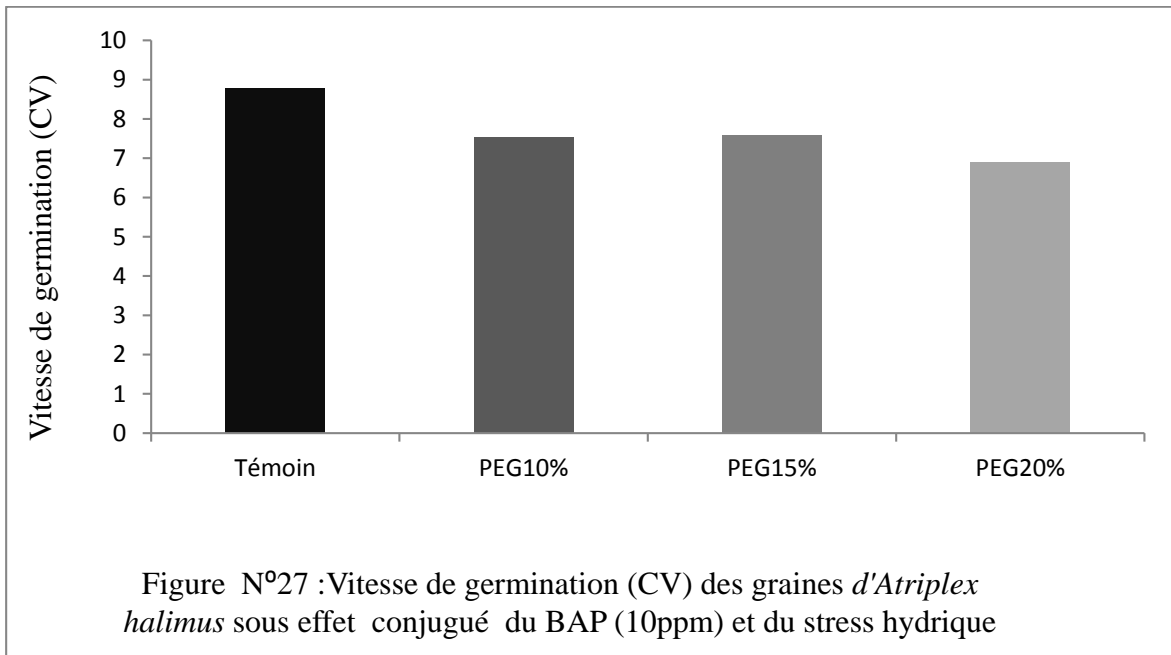


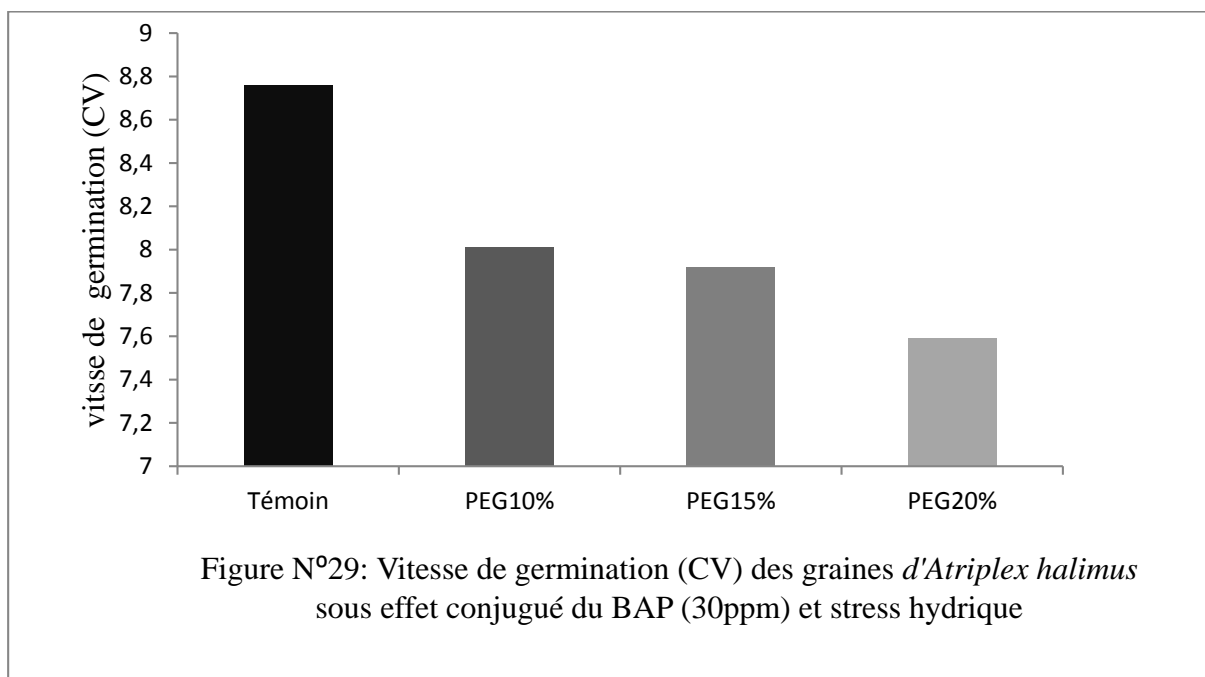
D'après les 3 figures N° (24.25.26)

La vitesse de germination, en conditions de stress hydrique et l'acide salicylique, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement de l'espèce. On remarque que la vitesse de germination sous stress hydrique PEG de 20 % est la moins élevée avec un coefficient de 7.14 pour les traitements à l'AS de 0.75 et 1mM.

Par contre à un traitement à l'AS de 0.75mM et au PEG de 10 % on enregistre le coefficient le plus élevé 8.22. On peut dire que les concentrations d'hormones de 0.75 et 1mM et un traitement de PEG à 20% a nettement influencé la vitesse de germination.

### 3.6. Vitesse de germination des graines *Atriplex halimus* sous effet conjugué du BAP et du stress hydrique (PEG)





Les 3 figures N° (27.28.29) montrent que le coefficient de corrélation du témoin égale à 7.78

et que la germination sous différents niveaux de potentiels hydriques par l'utilisation de PEG à une concentration de 10,15 et 20% et un traitement au BAP de 10, 20 et 30 ppm marque une variabilité dans les réponses en ce qui concerne la vitesse de germination.

Le traitement de PEG 20 % marque un coefficient de vélocité le moins élevé quel que soit le traitement avec l'hormone BAP (10, 20 ppm)

Le coefficient le plus élevé (8.21) a été enregistré avec un traitement de PEG 10 % et l'hormone BAP de concentration 30 ppm. Un stress hydrique avec PEG 20% a nettement influence la vitesse de germination.



### 3.7. Discussion

Le déficit hydrique est l'un des facteurs environnementaux qui affecte le plus souvent la germination et la croissance des plants (Aissa, 2013).

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologique, ces modification affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles et meilleur développement du système racinaire (Slama, 2005).

L'application des régulateurs de croissance des plantes augmenterait la production et la productivité (Moon et Lee, 1980).

Chez les plantes, de nombreux processus de croissance et de développement sont contrôlés par les phytohormones. En outre, ces intéressantes substances fonctionnent également comme des signaux moléculaires en réponse à des facteurs environnementaux (Maheshwari et al, 2015).

Beaucoup de travaux sont sur l'étude des principales contraintes environnementales affectant la germination des semences (Côme, 1970 ; Ungar, 1995), notamment la sécheresse et la salinité (Ennabli, 1995 ; Hachicha, 2007)

La germination considérée comme une étape critique dans l'établissement des semis et la détermination d'une production agricole réussie (Benidire et al, 2015).

La germination constitue un évènement important déterminant du succès ou de l'échec de l'établissement des plantes qui sont sujettes à de multiples difficultés lors de leur développement. Ces obstacles réduisent la capacité germinative et entraînent des changements dans la physiologie, morphologie et le métabolisme de la plante et par conséquent sur sa production (Farajollahi et al, 2014).

L'acide salicylique est l'un des hormones végétales découverts récemment qui jouent un rôle important dans la croissance et le développement de la plante ainsi dans la défense aux différentes contraintes abiotiques (Misra et Saxena 2009 ; Jini D, 2007), et dans les réponses aux divers stress environnementaux (Senarata et al, 2000). Son rôle est évident dans la germination des graines (Khessing et Malamy., 1994).

Plusieurs études ont montré que la AS pouvait stimuler la résistance chez des plantes telles que *Arabidopsis* (Malamy et Klessig, 1992) .L'AS stimule un groupe de gènes responsables des mécanismes de résistance chez les plantes (Staskawicz et al, 1995).

L'application exogène de l'AS peut influencer une gamme de divers processus, y compris la germination des graines, la fermeture des stomates, l'absorption d'ions et le transport, la photosynthèse et la croissance (El Tayeb, 2005).

Nos résultats montrent une nette amélioration de germination des graines d'*Atriplex halimus* avec les concentrations de l'AS de 1 et 0.5 mM ou on a obtenu un taux de germination de 92 % le troisième jours, par contre a une concentrations de 0.75 mM le taux de germination est de 88 %. On remarque un retard de deux jours pour les prétraitement à l'AS de 0.5, 0.75 et 1mM (Figure N°16).

Le rôle de l'AS dans la germination des graines a été discutable car il existe des rapports incohérents suggérant qu'il peut soit inhiber la germination, soit augmenter la vigueur des graines.

Nos résultats montrent clairement qu'il ya un effet positif de l'utilisation de L'AS pour augmenter la vigueur des graines (figure N°16) mais la réponse au traitement avec l'AS dépend en premier lieu de la concentration utilisées dans notre cas c'est la concentration de 0.5 et 1mM qui adonné un meilleur résultat avec un taux de germination de 92 % (Figure N°16)

L'effet combiné de l'acide salicylique et stress hydrique en appliquant des doses élevé de PEG on a remarque un effet sur le taux de germination, les graines traitées avec 1mM de l'acide salicylique et stressé à 20% de PEG, la germination accuse un retard de sept jours et un faible taux de germination (10%) (Figure N°18).

Le stress hydrique PEG inhibe la germination des graines quelque soit le traitement en hormones (AS). En ce qui concerne la vitesse de germination, les concentrations d'hormones de 0.75 et 1mM et un traitement de PEG à 20 % a nettement influencé la vitesse de germination (Figures N° 24.25).

Sharafizad et al. (2013) ont signalé que les concentrations élevées de l'acide salicylique sont capables de diminuer le temps moyen de germination chez le blé *Triticum durum*.

Selon Rajasekaran et al. (2002) et Shakirova et al. (2003) la germination des graines est stimulée par l'application de l'acide salicylique.

Nos résultats se concordent avec plusieurs auteurs (Djerroudi et al (2014 ; Guan et Scandalios, 1995 ; Sharafizad et al. 2013).

Djerroudi et al(2014) trouve en effet, les taux cumulés les plus importants qui sont respectivement de 60% et 73.33% sont enregistrés sous les deux prétraitements d'AS (0,5et 0,75 mM) pour *Atriplex canescens*, par contre pour *Atriplex halimus*, c'est le trempage avec 0.5mM d'AS et le stress avec 600 mM du NaCl qui a donné le taux de germination le plus élevé(10 %), donc l'acide salicylique a une action sur la germination des graines .

Des résultats similaires ont été observés par Jini et Joseph (2017) lors de l'étude de l'effet de l'acide salicylique sur deux génotypes de riz *Oryza sativa* (ASD16 et BR26) ayant montré que l'effet de l'acide salicylique sur la réponse physiologique et moléculaire de la plante diffère en fonction de la variété en question et non seulement des conditions externes dans lesquelles croît cette plante.

Les effets contradictoires rapportés peuvent être liés aux concentrations de SA utilisées, chez *Arabidopsis thaliana*, les concentrations de SA 1mM retardent voire inhibent la germination (Rajou *et al.*, 2006).

L'effet du SA en tant que régulateur négatif de la germination des graines est probablement dû à un stress oxydatif induit par le SA. Dans les plantes d'*Arabidopsis* traitées avec du SA (1 à 5 mM), les niveaux de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) augmentent jusqu'à 3 fois en raison de l'augmentation des activités de Cu, Zn-superoxyde dismutase et de l'inactivation des enzymes dégradant  $H_2O_2$ , catalase et ascorbate peroxydase (Rao *et al.*, 1997).

Chez l'Orge, les doses 0,25 mM SA inhibent la germination des graines (Xie *et al.* 2007), tandis que chez le maïs la germination est totalement inhibée par des doses SA allant de 3 à 5 mM (Guan et Scandalios, 1995).

Jamshidi *et al.* (2012) ont rapporté que la concentration 0.05 mM de l'acide salicylique provoque la diminution du temps moyen de germination chez le Carthame *Carthamus*.

Parmi les hormones de croissance telles que l'acide gibbérellique et la kinétine (Osmond *et al.*, 1980), l'acide abscissique, composé métabolisé sous l'action du  $Na^+$ , joue un rôle important dans la germination et possède les mêmes propriétés que le NaCl (Behl.R., 1981).

Les phytohormones gibbérellines (2.3mM) et acide kinétine (4.7mM) stimule la germination des graines d'*Atriplex triangularis* sous stress salin (Khan etUngar, 1985).

(Tiryaki, *et al.*, 2009) il a été révélé que la solution d'amorçage avec BAP a amélioré la germination dans les graines de Amarante Sp.

Les essais de germination ont été réalisés sous différents niveaux de potentiels hydriques par l'utilisation de PEG ayant une masse molaire de 6 000, du fait qu'il constitue un agent relativement stable, inerte, non ionique mais bien soluble dans l'eau et non toxique, même à de fortes concentrations, à uniforme durant toute la période expérimentale (Hohl *et al.*, 1991). En effet, les molécules de PEG 1000 sont suffisamment petites pour influencer le potentiel osmotique et assez larges pour ne pas être absorbées par les plantes (Carpita *et al.*, 1979) et constituent ainsi un moyen plus efficace pour simuler une contrainte hydrique que les solutions à faible masse molaire de leur osmoticum et dont les solutés s'infiltreraient dans la cellule (Verslues *et al.*, 1998).

Ainsi, des solutions de PEG 1000 de concentrations croissantes et induisant des potentiels hydriques également croissants (conformément à une l'équation établie par Michel et al, 1973)

Grouzis, (1987) trouve que ce n'est pas nécessairement que les espèces tolérantes au stress hydrique au cours de la germination sont celles qui sont les plus adaptées à la sécheresse au stade adulte (la tolérance au stress hydrique au moment de la germination constitue, selon les conditions qui suivent cette première phase du cycle végétatif, soit un avantage soit un inconvénient).

Les résultats obtenus sur l'effet du prétraitement à cytokinine (BAP) aux concentrations 10 ppm, 20 ppm a également amélioré le taux de germination des graines par rapport au témoin, les taux sont respectivement de 82 et 88 % le troisième jour. Pour une concentration d'hormone de 30 ppm la germination a chuté de 65% les troisièmes jours (Figure N°17).

L'effet combiné du BAP et du stress hydrique PEG pour les traitements de 10 et 20 ppm et PEG 10 % avec un taux de germination de 30 et 40 %. A un traitement de 30 ppm et PEG 10 % on remarque un retard de seulement de deux jours et un taux élevé de germination (50%).

La germination est sérieusement affectée par le traitement de PEG 20% et un retard de sept à huit jours. Un stress hydrique avec PEG (20%) a nettement influencé la vitesse de germination (Figure N° 21.22.23)

Les résultats de recherche relatifs à l'effet du stress hydrique sur la germination montrent qu'il est difficile de relier la tolérance aux contraintes hydriques, au moment de la germination, à l'écologie de l'espèce même (Le Floch et al, 1989).

Ce résultat, également noté par Grouzis (1987) pour certaines espèces sahéliennes, permet de dire que la résistance au déficit hydrique en phase germinative n'est pas le critère prédominant de la répartition écologique des taxons.

La germination de *Atriplex vesicaria* et *Atriplex nummularia* s'annulent lorsque la pression atteint respectivement -2 et -4 bars (Sharma, 1973)

En fait, plus le stress hydrique augmente plus le potentiel de germination diminue. Cette réduction pourrait être due à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine (Botia et al. 1998).

En effet, lorsque les graines sont soumises à un niveau de potentiel hydrique, ces dernières semblent développer une réponse complexe de défense qui implique l'activation des nombreux gènes (INS-Niger, 2012).

Le temps moyen de germination s'allonge en fonction de l'intensité du stress hydrique. Afin d'opérer un classement des potentiels osmotiques, une comparaison des taux et des temps moyens de germination.

Ndour et al. (1998) affirment que l'aptitude à germer en conditions de stress hydrique ou saline n'est pas obligatoirement représentative de l'écologie de la plante adulte, rejoignant ainsi Sharma (1973) et Sy et al. (2001).

## Conclusion

---

### Conclusion

En Algérie le climat est caractérisé par l'irrégularité de la pluviosité dans le temps et dans l'espace ainsi que par une tendance vers plus d'aridité et donc un impact accru des sécheresses.

Les phytohormones sont impliquées dans les réactions aux événements anormaux (stress), qu'ils soient biotiques (champignons, bactéries, virus, insectes, vertébrés divers,...) ou abiotiques (sécheresse, inondation, gel, tempête,...). Très tôt après la découverte des premières phytohormones, de leurs structures chimiques et de leurs modalités de synthèse, les chimistes ont été capables de synthétiser artificiellement des molécules nouvelles qui, appliquées sur la plante, avaient les mêmes effets que l'hormone naturelle. On appelle ces molécules de synthèse les régulateurs de croissance.

Le stress hydrique intervient quand la perte de l'eau par transpiration est supérieure à l'approvisionnement en eau par l'absorption. Il peut être provoqué par tout phénomène qui diminue l'approvisionnement en eau par l'absorption ou qui augmente sa perte par transpiration : la sécheresse.

L'*Atriplex* est considéré comme une plante halophyte facultative peut s'adapter aux conditions des zones semi-aride et aride comme la sécheresse, par ses différents mécanismes d'adaptation, morphologique, et physiologique.

L'amélioration de la germination sous stress hydrique nécessite l'utilisation des phytohormones exogènes. Plusieurs expériences menées sur l'espèce *Atriplex halimus* ont montré que les phytohormones jouent un rôle dans la germination de cette dernière sous différents types de stress

En conclusion, nous pouvons dire que l'effet de l'AS à une concentration de 1 et 0.5mM a amélioré la germination des graines d'*Atriplex halimus* avec un taux de 92 % le troisième jour. Le prétraitement des graines au (BAP) aux concentrations 10 ppm, 20 ppm a également amélioré le taux de germination des par rapport au témoin, les taux sont respectivement de 82 et 88 %.

Pour les résultats de l'effet conjugué des hormones (AS et BAP) et du stress hydrique PEG1000, les graines traitées avec 1mM de l'acide salicylique et stressé à 20% de PEG, la germination accuse un retard de sept jours et un faible taux de germination (10%).

A un traitement de 30 ppm de PEG on remarque un retard de seulement de deux jours et un taux élevé de germination (50 %). Le traitement de PEG 20 % marque un coefficient de vélocité le moins élevé quel que soit le traitement avec l'hormone BAP (10, 20, et 30 ppm). La vitesse de germination sous stress hydrique de 20 % est la plus faible avec un coefficient qui varie entre 7.14 et 7.40 pour tous traitements à l'AS 0.5, 0.75 et 1mM.

## **Conclusion**

---

Ainsi, Pour faire face à ce problème de déficit hydrique et d'une sécheresse prolongé nous avons testé une espèce halophyte qui présente un grand intérêt fourrager face au stress hydrique. Les résultats sont satisfaisante, les graines marque une tolérance face aux différentes concentrations de PEG1000, ce travail a permit la sélection d'une espèce tolérantes, capables d'assurer un rendement économiquement acceptablement dans un milieu rude ou le manque d'eau est un facteur déterminant dans la physiologie de la germination.









## Annexe

**Tableau N°8 :** Effet de la concentration du BAP (30ppm) sur la germination des graines *d'Atriplex halimus*

Jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Témoin	0	20	80	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
PEG10%	0	0	10	30	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
PEG15%	0	0	0	20	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
PEG20%	0	0	0	0	10	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

**Tableau N°9 :** Vitesse de germination des graines *d'Atriplex halimus* sous effet conjugué l'acide salicylique (mM) et du stress hydrique(PEG).

CV coefficient de vélocité	AS 0.5 mmol	AS 0.75 mmol	AS 1 mmol
Témoin	8.78	8.78	8.78
PEG10 %	8.09	8.22	7.84
PEG15 %	8.16	8	8
PEG20 %	7.04	7.14	7.14

**Tableau N°10 :** Vitesse de germination des graines *d'Atriplex halimus* sous effet conjugué du BAP (ppm) et du stress hydrique(PEG).

CV coefficient de vélocité	10ppm	20ppm	30ppm
Témoin	8.78	8.78	8.78
PEG10 %	7.53	7.96	8.21
PEG15 %	7.59	8.16	7.92
PEG20 %	6.89	8.89	7.59

Référence bibliographique

- **Anonyme, 2023.** www, fisher scientifique, 2023.
- **Abbad, A., Cherkaoui, M., Wahid, N., El Hadrami, A., & Benchaabane, A. (2004).** Variabilités phénotypique et génétique de trois populations naturelles d'*Atriplex halimus*. *Comptes Rendus Biologies*, 327(4), 371-380.
- **Agueniou, F., Zeggagh, H., 2017.** Effet de la physicochimie des sols sur la diversité phénotypique et fonctionnelle des bactéries telluriques et l'interaction Bactérie-Blé dur. Mémoire de master en Sciences. Université A. MIRA, Bejaia.
- **Ahmed, H. B., Zid, E., El Gazzah, M., & Grignon, C. (1996).** Croissance et accumulation ionique chez " *Atriplex halimus*" L. *Cahiers Agricultures*, 5(5), 367-372.
- **Aissa,** «Évaluation de l'effet du stress hydrique et du porte- greffe sur la clémentine *Citrus reticulata* Swingle var.,» *Journal of Applied Biosciences*, (2013) 5692-5704 p.
- **Aloni R, Aloni E, Langhans M, Ullrich CI. 2006.** Role of Cytokinin and Auxin in Shaping Root Architecture: Regulating Vascular Differentiation, Lateral Root Initiation, Root Apical Dominance and Root Gravitropism. *Annals of Botany* 97, 883–893.
- **Alvarez, S., Mendez, P., Díaz, C., Briggs, H., & Fresno, M. (2008).** Forage from the Canary Isles (Spain) adapted to arid lands. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(3), 359-363.
- **Annunziata O., Asherie N., Lomakin A., Pande J., Ogun O. and Benedek G. B., (2002),** Effect of polyethylene glycol on the liquid-liquid phase transition in aqueous protein solutions, 22, 14165-14170.
- **Aouissat M., 1992, utilisation** des arbustes et ressources fourragères dans la production ovine extensive. Tesis de master.instituto agronómico mediterráneo de Zaragoza, 108p. Correal E., 1991.Grazing use fodder shrub plantations. EEC workshop on fodder trees and shrubs. Tesalonica (Greece), 20p.
- **Arfan M., Athar H.R., Ashraf M., 2006-**Exogenously application of salicylic acid on the modulation of photosynthetic in heat in salt stress.
- **Ashraf, M., & Rauf, H. (2001).** Inducing salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts: Growth and ion transport at early growth stages. *Acta Physiologiae Plantarum*, 23, 407-414.
- **Aslam M., Khan I. A., Saleem M. and Ali Z. 2006.** Assessment of water stress tolerance in different maize accessions at germination and early growth stage. *Pak. J. Bot.* 38(5): 1571 - 1579.

- **Attia F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénologique de la vigne (*Vitis vinifera* L.) : Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p
- **Baji, S., Bodrogi, T. Haszon, I., Friedman, A. L., Papp, F., Bereczki, C & Túri, S. (2002).** ACE gene polymorphism and renal scarring in primary vesicoureteric reflux. *Pediatric Nephrology*, 17, 1027-1031.
- **Belkheiri Oumelkheir. (2008).** Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conditions de salinité et d'aridité, Tesi di Dottorato in Agrometeorologia ed Ecofisiologia dei Sistemi Agrari e Forestali, Università di Sassari
- **Belkheiri, O., & Mulas, M. (2013).** Effect of water stress on growth, water use efficiency and gas exchange as related to osmotic adjustment of two halophytes *Atriplex* spp. *Functional Plant Biology*, 40(5), 466-474.
- **Belkhodja M., Bidai Y., 2004.-** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15 (4): 331-335.
- **Ben Ahmed H., Zid, E., El Gazzah, M. and Grignon, C., 1996-** Croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* L.
- **Benidire L., Daoui Z., Fatemi Z., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K. (2015).** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3) :840-851.
- **Benmahioul, B., Daguin, F., & Kaid-Harche, M. (2009).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.). *Comptes Rendus Biologies*, 332(8), 752-758.
- **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.
- **Bewley, J. D., & Black, M. (2012).** Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: volume 2: viability, dormancy, and environmental control. Springer Science & Business Media.
- **Billard Estelle. (2020).** Implication des cytokinines dans la formation de l'haustorium chez la plante parasite *Phelipanche ramosa* Thèse. Ecole Doctorale N° 600 Ecole doctorale Ecologie, Géosciences, Agronomie et Alimentation Spécialité : Biologie et physiologie végétales.
- **Borsani, O., Zhu, J., Verslues, P.E., Sunkar, R. and Zhu, J.K., 2005.** Endogenous siRNAs derived from a pair of natural cis-antisense transcripts regulate salt tolerance in *Arabidopsis*. *Cell*, 123(7), pp.1279-1291.

- **Bossard, M. J., & Schuster, S. M. (1981).** Structural preferences for the binding of chromium nucleotides by beef heart mitochondrial ATPase. *Journal of Biological Chemistry*, 256(13), 6617-6622.
- **Botia P., Carvajal M., Cerda A. & Martinez V. 1998.** “Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth”. *Agronomie*, 18, 503-513.
- **Bouchabke O., Tardieu F. & Simonneau T., 2006.** Leaf growth and turgor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in water-saturated soil. *Plant Cell and Environment*, 29 (6): 1138-1148.
- **Bouda, A. (2010).** Mise au point d'une formule qualitative et quantitative d'une suspension buvable à base d'ibuprofène (Doctoral dissertation, Alger).
- **Bray C. M., Davison P. A., Ashraf M., Taylor R. M. 1989.** Biochemical processes during the osmopriming of seeds. Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Manchester, Oxford Road, *Annals of Botany*. 63: 185-193.
- **Cao Z-Y, Sun L-H, Mou R-X, Zhang L-P, Lin X-Y, Zhu Z-W, Chen M-X. 2016.** Profiling of phytohormones and their major metabolites in rice using binary solid-phase extraction and liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1451, 67–74.
- **Carpita N., Sabularse D., Monfezinos D. & Delmer D.P., 1979.** Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. *Science*, 205, 1144-1147.
- **Castroviejo, R. (1990).** Gold ores related to shear zones, West Santa Comba-Fervenza Area (Galicia, NW Spain): a mineralogical study. *Mineralium Deposita*, 25, S42-S52.
- **Castroviejo, S. (1990)** *Atriplex* Cent. En Castroviejo, S., Laínz, M., López-González, G., Monserrat, P., Muñoz-Garmendia, F., Paiva, J. & Villar, L. (eds.), *Flora Ibérica*, vol. II. Real Jardín Botánico de Madrid. C.S.I.C.
- **Choukr-Allah, R., Aghai, O., & Hamdy, A. (2005).** Impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la productivité d'une culture de tomate de plein champ, la salinité du sol et le bilan d'azote. *Hamdy A.(ed.). The use of non conventional water resources. Bari: CIHEAM/EU DG Research, 2005*, 165-171.
- **Côme D., 1970.** Les obstacles à la germination. Paris :Masson & Cie.
- **Correal E. (1990)** – Evaluation of sheep production under continuous rotation grazing of a salt-bush plantation *Atriplex* SP in south east Spain (Spain). P143.
- **Crété, P. (1965).** Systématique des angiospermes.

- **Debez A., Chaibi W., Bouzid S., 2001**- Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2 : 135- 138.
- **Delaney T., Uknes S., Vernooij B., Friedrich L., Weymann K., Negmtto D., Gaftney T., Gut-Rella M., Kessmann H., Ward E., and Ryals J. (1994)**. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science* 266, 1247-1250.
- **Djerroudi Ouiza ;Oudina Aicha, Selfaoui (Hanan2014)**.Effet de l'Action combinée de NaCl et de l'acide salicylique sur la germination des graines de *Atriplex halimus* et *Atriplex canescens* <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/8136>
- **Dugo M.V.G., 2002**. Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse Université de Poitiers (France), 189p.
- **DuPerat, Véronique, et NURDEN, Paquita**. Platelet function and pharmacology of antiplatelet drugs. *CEREBROVASCULAR DISEASES-BASEL-*, 1997, vol. 7, p. 2-9.
- **Durrant W.E. & Dong X., 2004**. Systemic acquired resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 42, 185-209.
- **Dutuit, Pourrat Y., Dodeman V.LV., 1991** - Stratégie d'implantation d'un système d'espèces adaptées aux conditions d'aridité du pourtour méditerranéen. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. *Ed. AUPELPUREF. John Libbey Eurotext. Paris 0 1991*, pp. 6.5-73.
- **Ehleringer, J. and Mooney, H.A., 1978**. Leaf hair: effects on physiological activity and adaptative value to a desert shrub. *Oecologia* 37, 183-200
- **El-Tayeb, M.A., 2005**. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant growth regulation*, 45, pp.215-224.
- **Ennabli N., 1995**. L'irrigation en Tunisie. Tunis : *INATDGREF*, 278-304.
- **F.A.O 1970**– Definition of soil units for the soil map of the world
- **Farajollahi A, Gholinejad B and Jonaidi Jafari H. 2014**. Effects of Different Treatments on Seed Germination Improvement of *Calotropis persica*. *Hindawi Publishing Corporation Advances in Agriculture*.
- **Fardeau J.C. & Frossard E., 1991**. Processus de transformation du phosphore dans les sols de l'Afrique de l'Ouest semi-arides: Application au phosphore assimilable. In Tiessen H and Frossard E (eds) "Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems: *Regional workshop 4: Africa*" S. C. o.P.E.IUNEP Nairobi Kenya, pp 18-22.
- **Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009)**. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 153-188.

- **Feliachi, K., Amroun, R., & Khaldoun, A. (2001).** Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie. *Céréaliculture-ITGC Algérie*, 35, 28-34.
- **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.
- **Ghanem ME, Albacete A., Smigocki AC, Frébort I., Pospíšilová H., Martínez-Andújar C., et al. (2011).** Les cytokinines synthétisées par les racines améliorent la croissance des pousses et le rendement en fruits des plants de tomates salinisées (*Solanum lycopersicum* L.). *J. Exp. Bot.* 62, 125–140. 10.1093/jxb/erq266.
- **Gores, J. K. (1995).** The evaluation of big sagebrush and fourwing saltbush establishment success on pre-1985 Wyoming reclaimed mine sites. University of Wyoming.
- **Gozzo F., (2003).** Systemic acquired resistance in crop protection: from nature to a chemical approach, *J. Agric. Food Chem.* 51, pp. 4487-4503.
- **Grouzis M., 1987.** Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'oursi, BurkinaFaso). *Thèse d'État : Université de Paris Sud, Centre d'Orsay (France).*
- **Guan.L and J G Scandalios(1995).** Developmentally related responses of maize catalase genes to salicylic acid. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1995 Jun 20; 92(13): 5930–5934.
- **Hachicha M., 2007.** Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. *Sècheresse*, 18, 45-50.
- **Haddioui A & Baaziz M.** 2006. Genetic diversity of natural populations of *Atriplex halimus* L. in Morocco: An isoenzyme-based overview. *Euphytica*121: 99-106.
- **Hamas Soumaya., (2013).** effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur le comportement des graines et des plantes juvéniles du gombo (*Abmoschus exulentes*). *Mémoire de master*, PP 56.
- **Hamdy A., 1999.** - Saline irrigation and management for a sustainable use. *In: Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir:* 152-227.
- **Hamza L, 2022.**Cours culture IN Vitro Master I Production végétale.
- **Hamza, (2002)** – contribution à l'étude écobioécologique des écotypes d'*Atriplex halimus* de la zone de Mostaganem et leur potentialité de développement en culture in vitro, thèse de magister spécialité écobioécologie
- **Hartman, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (1997).** La Multiplication des plantes: Principes et Les pratiques. *Sixième Édition. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited.*
- **Heller R. (1989).** Physiologie végétale. *Tome 2. Développement, Ed. Masson*



- **Heller R., Esnault R et Lance C. (2000).** *Physiologie végétale 2. Développement 6<sup>e</sup> édition de L'Abrégé, 1er et 2e cycles, DUNOD, Paris*, pp. 366.
- **Hirose N, Takei K, Kuroha T, Kamada-Nobusada T, Hayashi H, Sakakibara H. 2007.** Regulation of cytokinin biosynthesis, compartmentalization and translocation. *Journal of Experimental Botany* 59, 75–83.
- **Hohl M. & Peter S., 1991.** Water relations of growing maize coleoptiles. Comparaison between mannitol and polyethylene glycol 6000 as external osmotica for adjusting turgor pressure. *Plant Physiol.*, 95, 716- 722.
- **Hopkins W. G. (2003).** *Physiologie végétale. 2<sup>e</sup>me édition. De Boeck, Bruxelles* : 61-476.
- **Horváth, E., Szalai, G., & Janda, T. (2007).** Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3), 290-300.
- **Ingram J., Bartels D. 1996.** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Ann. Rev. Plant Physio. Plant Mol. Biol.* 47 : 377-403.
- **Jalloul A., Clerivet A. & Nicole M., 2009.** La signalisation hormonale dans la résistance des plantes aux bioagresseurs. *Cahiers Agricultures*, 18(6), 493-497.
- **Jamshidi jam B, Shekari F, Azimi M R and Zangani E. 2012.** Effect of priming Bay salicylic acid on germination and seedling growth of Safflower seeds under CaCl<sub>2</sub> stress . *International Journal of Agriculture*. Vol 2 (S) :1097-1105.
- **Jini D, Joseph B. 2017.** Physiological Mechanism of Salicylic Acid for Alleviation of Salt Stress in Rice. *Rice Science*. Vol 24(2): 97-108.
- **Kadajji, V.G. and Betageri, G.V., 2011.** Water soluble polymers for pharmaceutical applications. *Polymers*, 3(4), pp.1972-2009.
- **Kang J, Lee Y, Sakakibara H, Martinoia E. 2017.** Cytokinin Transporters: GO and STOP in Signaling. *Trends in Plant Science*
- 22, 455–461.
- **Kaya MD, Okcu G, Atak M, Cıkh Y, Kolsarıcı O (2006).** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.* 24:291-295.
- **Kelley, B.D., Goodin, J.R. and Miller, D.R., 1982.** *Biology of Atriplex*. In : Contribution to the ecology of Halophytes. Ed. Dr W. Junk, London, pp. 79-107
- **Keys, Kelley Britton, ANDREOPOULOS, Fotios M., et PEPPAS, Nikolaos A. Poly (ethylene glycol) star polymer hydrogels. *Macromolecules*, 1998, vol. 31, no 23, p. 8149-8156.**
- **Khadre, M. A., & Yousef, A. E. (2001).** Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. *International journal of food microbiology*, 71(2-3), 131-138.

- **Khan, M.A. and Ungar, I.A (1985).** The role of hormones in regulating the germination of polymorphic seeds and early seedling growth of *Atriplex triangularis* Willd under saline conditions. *Physiol.Plant.*63:109-113.
- **Khessing DF, Malamy J., (1994).** The salicylic acid signal in plant .*Plant Mol.Bio.* 26,1439-1458.
- **Kinet, J. M., Benrebiha, F., Bouzid, S., Lailhacar, S., & Dutuit, P. (1998).** Le réseau *Atriplex*. Allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-arides. *Cahiers agricultures*, 7(6), 505-509.
- **Klessig, D.F. and Malamy, J., 1994.** The salicylic acid signal in plants. *Plant molecular biology*, 26, pp.1439-1458.
- **Korkmaz, A., Uzunlu, M., & Demirkiran, A. R. (2007).** Acetyl salicylic acid alleviates chilling-induced damage in muskmelon seedlings. *Canadian Journal of Plant Science*, 87(3), 581-585.
- **Laberche J-C, 2004.** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale*. Dunod. 2e (éd). Paris: 154-163 p.
- **Lafon J ;Thadau-Prayer C et L'evy G.1998.** *Biologie des plantes cultivées .Physiologie du développement génétique et amélioration .Tome 2ème édition .Tec et Doc :L'Vey G.1998.* Biologie des plantes cultivées .Physiologie du développement génétique et amélioration .Tome 2ème édition .Tec et Doc :L'Vey G.1998. pp :66-73.
- **Le Floc'h E., Schoenenberegger A., Nabli M.A. &Valdeyron G., 1989.** Biologie et écologie des principaux taxons. In : Nabli M.A., ed. *Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne : I. Éléments de botanique et de phytoécologie*. Tunis : Faculté des Sciences, 51-193.
- **Le Houerou H.N. et Pontanier R., 1988.** Les plantations sylvopastorales dans la zone aride de Tunisie. *Rev : Pastoralisme et développement, Montpellier*. pp : 16-23.
- **Le Houérou, H. N., 1992.** The role of saltbushes (*Atriplex* spp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agrofor. Syst.*, 18 (2): 107-148.
- **Lebon E., 2006.** Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. *INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux*, 4p.
- **Leclerc, M.-E., Olivier, A., Lapointe, L., 2007.** L'effet de phytohormones sur la multiplication végétative de la Matteucci fougère- à-l'Autruche. *Nat. Can.* 131, 15–23.
- **Maalem S. (2002).** Etude éco physiologique de trois espèces halophytes du genre *Atriplex* (*A. canescens*, *A.halimus* et *A. nummularia*) soumises a l'engraisement phosphaté. Thèse de magistère en physiologie végétale et applications biotechnologiques. *Université Baji Mokhtar, Annaba, Algérie*, 76p.

- **Maheshwari, D. K., Dheeman, S., & Agarwal, M. (2015).** Phytohormone-producing PGPR for sustainable agriculture. *Bacterial metabolites in sustainable agroecosystem*, 159-182.
- **Malet P. (1969)** – Premiers résultats d'un essai d'*Atriplex nummularia* sur sols argileux non salés et sous pluviosité naturelle à Hendizitoun dans la plaine de Kairaouene. Rapport technique N°7. Programmes des nations unies pour le développement. Rome 1971.
- **Martínez, J.P., Ledent, J.F., Bajji, M., Kinet, J-M and Lutts, S., 2003.** Effect of water stress on growth, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> accumulation and water use efficiency in relation to osmotic adjustment in two populations of *Atriplex halimus* L. *Plant Growth Regulation* 41, 63-73.
- **Mazri, M. A., Koufan, M., Abdelwahd, R., & Belkoura, I. (2022).** In Vitro Responses of Some Mediterranean Fruit Crops to Auxin, Cytokinin and Gibberellin Treatments. In *Auxins, Cytokinins and Gibberellins Signaling in Plants* (pp. 91-123). Cham: Springer International Publishing.
- **Mefti, A., Abdelguerfi, A., Chebouti, A. (2000).** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research*, 66: 165-174.
- **Mesbah, M., Chwalow, J., ... & Slama, G. (1998).** French cross-cultural adaptation of the Health Utilities Indexes Mark 2 (HUI2) and 3 (HUI3) Classification systems. *Quality of Life Research*, 7(3), 245-256.
- **Michel B.E. et Kaufman R.M., 1973.** The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant. Physiol.*, 51, 914- 916.
- **Miller CO, Skoog F, Okumura F, Von Saltza M, Strong F. 1956.** Isolation, structure and synthesis of kinetin, a substance promoting cell division 1, 2. *Journal of the American Chemical Society* 78, 1375–1380.
- **Misra N and Saxena P. 2009.** Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant Science* 177: 181–189.
- **Mnif L., Chaieb M., 2004.-** Efficacité comparée de l'utilisation de l'eau de pluie en milieu aride par quatre populations d'une Poaeae pérenne. *Revue des Régions Arides*, 1: 252-257.
- **Mok, M. C., Martin, r. c., & Mok, D. W. S. (2000).** Les cytokinines: Biosynthèse, le Métabolisme et la Perception. *In vitro Cell Dev. Biol. Plante*, 36, 102-107.
- **Moon, W., & Lee, B.-Y. (1980).** Influence of short day treatment on the growth and levels of endogenous growth substances in garlic plants (*Allium sativum* L.). *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 21(2), 109-118.
- **Mozafar, A. and Goodin, J.R., 1970.** Vesiculated hairs: a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. *Plant Physiology* 45, 62-65.

## Référence bibliographique

---

- **Mozafar, A., 1969.** Physiology of salt tolerance in *Atriplex halimus* L.: ion uptake and distribution, oxalic acid content, and catalase activity. *Ph D Thesis, University of California, Riverside.*
- **Mulas M. G., Mulas. 2004.** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). *Université des études de SASSAR.*
- **Mulas, M., Mulas G. (2004).** Potentialité d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification". Short and Medium, Term Priority Environmental Action Programme (SMAP) (p.91).
- **Muraro, D., Byrne, H., King, J., Voß, U., Kieber, J., & Bennett, M. (2011).** The influence of cytokinin–auxin cross-regulation on cell-fate determination in *Arabidopsis thaliana* root development. *Journal of theoretical biology*, 283(1), 152-167.
- **Muthulakshimi S., Lingakumar, (2017).** Role of salicylic acid (SA) in plants a review, *International, Journal of applied Research.*
- **Ndour P., 1997.** Comportement de quelques espèces du genre *Acacia* en condition de stress hydrique et salin simulé. DEA : *Biologie végétale, Université Cheikh Anta Diop, Dakar (Sénégal).*
- **Nedjimi B. Y., Daoud., Touati M. 2006.** Croissance, relations avec l'eau teneur en prolines et en ions d'*Atriplex halimus* subsp *schweinfurthii* cultivé *in vitro* comme affecté par CaCl<sub>2</sub>. *Communications in Biometry and Crop Science* 1(2) : 79-89.
- **Nonogaki, H., Bassel, G. W., & Bewley, J. D. (2010).** Germination- still a mystery. *Plant Science*, 179(6), 574-581.
- **Osmond C B, Bjorkman 0, Anderson DJ. (1980).** Physiological process in plant ecology. Toward a synthesis with *Atriplex*. *In Ecological studies. 36, Springer-Verlag (Berlin)*, 468 p.
- **Pacifici E, Polverari L, Sabatini S. 2015.** Plant hormone cross-talk: the pivot of root growth. *Journal of Experimental Botany* 66, 1113–1121.
- **Pancera S.A, Luis H.M, Watson Loh B, Itri R.C, Pessoa A .Jr D., Petri D.F.S, (2002).** The effect of poly (ethylene glycol) on the activity and structure of glucose 6 phosphite dehydrogenises in solution p:291-300.
- **Papanastasis,. (2008).** Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1-2), 1-17.
- **Parvaneh, N., Pourakbari, B., Rezaei, N., Omidvar, A., Sabouni, F., Mahmoudi, S., & Mamishi, S. (2015).** Impaired in-vitro responses to IL-12 and IFN-γ in Iranian patients with Mendelian susceptibility to mycobacterial disease. *Allergologia et Immunopathologia*, 43(5), 456-460.

- **Quézel P. et Santa S., 1962**– Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales. *C.N.R.S. Paris*. 2 vol. 1170p
- **Rajasekaran R, Stiles A and Caldwell C. 2002**. Stand establishment in processing carrots: Effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates -in promoting germination at low temperatures. *Canadian Journal of Plant Science* Vol 82:443- 450.
- **Rajou L, Belghazi M, R Huguet R, Robin C, Moreau A, Job C and D Job D. 2006**. Proteomic Investigation of the Effect of Salicylic Acid on *Arabidopsis* Seed Germination and Establishment of Early Defense Mechanisms. *Plant Physiology, July* Vol.141:910–923.
- **Rao, C. S., Sharma, G. D., & Shukla, A. K. (1997)**. Distribution of ectomycorrhizal fungi in pure stands of different age groups of *Pinus kesiya*. *Canadian Journal of Microbiology*, 43(1), 85-91.
- **Raven H. P., Evert R. F et Eichhome. S.E., 2000**- Biologie végétale. Ed. De Boeck, Paris, 944p.
- **Reimann, C., 1992**. Sodium exclusion by *Chenopodium* species. *J. Exp. Bot.* 43, 503-510.
- **Rjieib W., Kahlaoui B., Hachicha M. 2015**. Effet de l’irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en Tunisie: Réponses du quinoa aux contraintes hydriques et salées, Editions universitaires européennes, pp.24.
- **Roeder, I., Horn, M., Glauche, I., Hochhaus, A., Mueller, M. C., & Loeffler, M. (2006)**. Dynamic modeling of imatinib-treated chronic myeloid leukemia: functional insights and clinical implications. *Nature medicine*, 12(10), 1181-1184.
- **Romanov GA. 2002**. The Phytohormone Receptors. *Russian Journal of Plant Physiology* 49, 552–560.
- **Rosas M. R., 1989**. EL genero *Atriplex* (Chenopodiaceae) en Chile. *Guyana, Bot.*46 (12) :3-82.
- **Rundel P.W. 1996**. Monocotyledonous geophytes in the California flora. *Article in Madroño* , Vol. 43, No. 3, pp. 355-368.
- **Saini, S., Sharma, I., Kaur, N., & Pati, P. K. (2013)**. Auxin: a master regulator in plant root development. *Plant cell reports*, 32, 741-757.
- **Sakakibara H. 2006**. Cytokinins: activity, biosynthesis, and translocation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57,431–449.
- **Sampath Kumar I., Ramgopal Rao S. ET Vardhini BV, 2015**- Role of Phytohormones during salt stress tolerance in plants. *Current Trendsin Biotechnology and Pharmacy*.Vol.9. N°=4.pp.334 - 343.
- **Sarson M., 1970**. Résultats d’un essai sur l’alimentation du mouton de disette fourragère au centre d’ousseltianote technique. N° 6 *PEDAEP-FAO6 Tun.* 17 p
- **Sayah G ; M’hamed L, 2005** – Etude de la biology Florale de l’*Atriplex halimus*. Octobre 2005 Mémoire de l’étude. .

- **Schaller GE, Street IH, Kieber JJ. 2014.** Cytokinin and the cell cycle. *Current Opinion in Plant Biology* 21, 7–15.
- **Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K., 2000.** Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30(2), pp.157-161.
- **Shakirova F, Sakhabutdinova A, Bezrukova M, Fatkhutdinova R, D Fatkhutdinova. 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science vol* 164: 317-322.
- **Sharafizad M, Naderi a, Ata siadat S, Sakinejad T and Lak S. 2013.** Effect of Salicylic Acid Pretreatment on Germination of Wheat under Drought Stress. *Journal of Agricultural Science; Vol* 5 (3):179-199.
- **Sharma, M. L., & Tongway, D. J. (1973).** Plant induced soil salinity patterns in two saltbush (*Atriplex* spp.) communities.
- **Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., & Zid, E. (2005).** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*, 16(3), 225-229.
- **Smaoui, A., 1971.** Cytologie végétale - Différenciation des trichomes chez *Atriplex halimus*. *C.R. Acad. Sc. Paris* 273 D, 1268-1271
- **Smith-Becker J., Marois E., Huguet E.J., Midland S.L., Sims J.J., Keen N.T. (1998).** Accumulation of salicylic acid and 4-hydroxybenzoic acid in phloem fluids of cucumber during systemic acquired resistance is preceded by a transient increase in phenylalanine ammonia-lyase activity in petioles and stems, *plant physiol.*116, pp. 231- 238.
- **Son diakalla, 2010.** effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum* L.).Pp07-10.
- **Staskawicz, B. J., Ausubel, F. M., Baker, B. J., Ellis, J. G., & Jones, J. D. (1995).** Molecular genetics of plant disease resistance. *Science*, 268(5211), 661-667.
- **Stirk W, Van Staden J. 2010.** Flow of cytokinins through the environment. *Plant Growth Regulation* 62,101–116.
- **Sukendah. (2009).** Teknologi Pembiakan Kultur In Vitro dan Analyses Molekuler pada Tanaman Kelapa Kopyor. Disertasi Doktor. Sekolah Pasca Sarjana. Bogor: *Institut Pertanian Bogor*.
- **Sy A., Grouzis M. et Danthu P., 2001.** Seed germination of seven Sahelian leguminous species. *J. Arid Environ.*, 49, 875-882.
- **Talamali, A., Bajji, M., Le Thomas, A., Kinet, J. M., & Dutuit, P. (2003).** Flower architecture and sex determination: how does *Atriplex halimus* play with floral morphogenesis and sex genes?. *New Phytologist*, 105-113.

## Référence bibliographique

---

- **Talamali, A., Dutuit, P., Le Thomas, A., & Gorenflot, R. (2001).** Polygamie chez *Atriplex halimus* L.(Chenopodiaceae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 324(2), 107-113.
- **Tani A., Charoenpanich J., Mori T., Takeichi M., Kimbara K. et Kawai F., (2002),** Structure and conservation of a polyethylene glycol-degradative operon in sphingomonads, 153,338-346.
- **Teulat B.B., Monneveux P., Wery J., Borries C., Souyriss I., Charrieri A. & This D.,1997.** Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a *QTL* study. *New Phytol*137: 99-107.
- **Tiryaki, I., Korkmaz, A., Nas, M. N. & Ozbay, N., 2009.** L'amorçage combiné avec les régulateurs de croissance des végétaux favorise la germination et la levée de dormance des *Amaranthus cruentus* L.les graines. *International Seed Testing Association, De Graines De Sci. Technol*, 33(3), pp. 571-579.
- **Ungar I.A., 1995.** Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. In: Kigel J. & Galili G., eds. *Seed development and germination*. New York, USA: Marcel & Dekker Inc.
- **Velasco R., Salaminif. et Bartlets D. 1994.** Dehydration and ABA increase mRNA levels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. *Plant mol. Biol.* 26: 541 – 546.
- **Verslues P.E., Ober E.S. & Sharp R.E., 1998.** Root growth and oxygen relations at low water potentials. Impact of oxygen availability in polyethylene glycol solutions. *Plant Physiol.*, 116, 1403-1412.
- **Vlot A.C., Dempsey D.M.A. & Klessig D.F., 2009.** Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual review of phytopathology*, 47, 177-206.
- **Walker D.J., Lutts S., Sánchez-García M. et Correal E., 2014-** *Atriplex halimus* L.: Its biology and uses. *Journ. of Arid Env.* 100-101: 111-121
- **Wang W.X., Brak T., Vinocur B., Shoseyov O. ET Altman A., 2003.** Abiotic resistance and chaprones: possible physiological role of SP1, a stable and stabilising protein from *Populus*. In: Vasil IK (ed), *Plant biotechnology 2000 and beyond*. Kluwer, Dordrecht: 439-443. Wiley, New York: 87-107.
- **Werner T, Motyka V, Strnad M, Schmülling T. 2001.** Regulation of plant growth by cytokinin. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98, 10487–10492.
- **Wong, C. H., & Jäger, H. J. (1978).** Salt-induced vesiculation in mesophyll cells of *Atriplex* species. *Plant Science Letters*, 12(1), 63-68.
- **Xie, R. J., Hirosaki, N., Li, H. L., Li, Y. Q., & Mitomo, M. (2007).** Synthesis and Photoluminescence Properties of  $\beta$ -sialon:  $\text{Eu}^{2+}(\text{Si}^{6-} \text{ z } \text{Al} \text{ z } \text{O} \text{ z } \text{N}^{8-} \text{ z } \text{Eu}^{2+})$ : A Promising

Green Oxynitride Phosphor for White Light-Emitting Diodes. *Journal of the Electrochemical Society*, 154(10), J314.

- **Xingjun H. Shenglian G. Lihua X. Zhangjun L., 2014.** Spatial and temporal analysis of drought using entropy-based standardized precipitation index: a case study in Poyang Lake basin, China. Xingjun Hong & Shenglian Guo & Lihua Xiong & Zhangjun Liu. 4 november 2014, *Theor Appl Climatol* DOI 10.1007/s00704-014-1312-y, pp.543-556.
- **Yaakoub, M., Lachter, E. R., Nascimento, R. S., & San Gil, R. A. (2006).** Characterization of derivative esters from neo-penthylic alcohols; Caracterizacao de esteres derivados de alcoois neopentilicos.
- **Yokota, A., Takahara, K. et Akashi, K. (2006).** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer, 15-39.
- **Yücel, N. C., & Heybet, E. (2016).** A salicylic acid and calcium treatment improves wheat vigor, lipids and phenolics under high salinity. *Acta Chimica Slovenica*, 63(4), 738-746.
- **Zid, E. and Boukhris, M., 1977.** Quelques aspects de la tolérance de l'*Atriplex halimus* L. au chlorure de sodium : multiplication, croissance, composition minérale. *Oecol. Plant* 12,
- **Zulkarnain. (2009).** Kultur Jaringan Tanaman: Solusi Perbanyakan Tanaman Budi Daya. Jakarta: Bumi Aksara.
- **Zwack PJ, Compton MA, Adams CI, Rashotte AM (2016).** Le facteur de réponse cytokinique 4 (CRF4) est induit par le froid et impliqué dans la tolérance au gel. *Cellule de plante. Rep.* 35 , 573–584. 10.1007/s00299-015-1904-8.