

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>NaCl :</b>	Chlorure de Sodium
<b>ABA :</b>	Acide abscissique
<b>GA3 :</b>	L'acide gibbérellique
<b>GAs :</b>	Les gibbérellines
<b>% :</b>	pourcentage
<b><math>\mu\text{M.l}^{-1}</math> :</b>	micro mole par litre
<b><math>\text{mM.l}^{-1}</math> :</b>	Milli mole par litre
<b><math>\text{g.l}^{-1}</math> :</b>	gramme par litre
<b>cm :</b>	centimètre
<b>mm:</b>	millimètre
<b>°C :</b>	Degré Celsius
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organization
<b>Cv :</b>	Coefficient de vélocité
<b>Tm :</b>	Temps moyen de germination
<b>PF :</b>	Poids Frais
<b>PS :</b>	Poids Sec
<b>TME :</b>	Teneur Moyenne en Eau
<b>V/V :</b>	Volume par Volume
<b>Fig :</b>	Figure
<b>SPSS:</b>	Statistical Package of Social Science
<b>APG II :</b>	Angiosperm Phylogeny Group II

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig.1-</b> Influence des conditions environnementales sur le développement, la dormance et la germination de la graine.....	8
<b>Fig.2-</b> l'acide gibbérellique (GA3).....	9
<b>Fig.3-</b> l'acide abscissique (ABA).....	11
<b>Fig.4-</b> Répartition géographique des espèces du genre <i>Abelmoschus</i> .....	18
<b>Fig.5-</b> Le gombo : a- graines, b- plante en fleur, c- fruit.....	19
<b>Fig.6-</b> Production du gombo dans le monde.....	22
<b>Fig.7-</b> a : Disposition des graines en boîte de Pétri ; b : photo indiquant la germination des premières graines.....	23
<b>Fig.8-</b> Répartition des boîtes de Pétri dans l'étuve.....	24
<b>Fig.9-</b> a : poids frais des plantules; b : séchage des plantules à l'étuve.....	26
<b>Fig.10-</b> Précocité de la germination des graines (%) du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	27
<b>Fig.11-</b> Cinétique de la germination des graines (%) du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	28
<b>Fig.12-</b> Coefficient de vélocité (cv) et temps moyen (Tm) de la germination des graines du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	30
<b>Fig.13-</b> Taux finaux (%) de la germination des graines du gombo stressées au NaCl en présence de GA3.....	31
<b>Fig.14-</b> Longueur radriculaire (cm) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	32
<b>Fig.15-</b> Photos représentant la longueur des racines des plantules du gombo stressées au NaCl en présence du GA3 et de l'ABA exogènes après 164 h d'imbibition.....	33
<b>Fig.16-</b> Poids frais (g) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	33

<b>Fig.17-</b> Poids sec (g) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	34
<b>Fig.18-</b> Teneur en eau (%) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	35
<b>Fig.19-</b> Précocité de la germination des graines (% des premières graines germées (soit après 24 h) du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	36
<b>Fig.20-</b> Cinétique de la germination des graines (%) du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	37
<b>Fig.21-</b> Coefficient de vélocité (cv) et temps moyen (Tm) de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	39
<b>Fig.22-</b> Taux finaux (%) de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	40
<b>Fig.23-</b> Longueur radiculaire (cm) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	41
<b>Fig.24-</b> Photos représentant la longueur des racines des plantules du gombo traitées au GA3 et à l'ABA exogènes après 164h d'imbibition.....	42
<b>Fig.25-</b> Poids frais (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	42
<b>Fig.26-</b> Poids sec (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	43
<b>Fig.27-</b> Teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	44
<b>Fig.28-</b> Précocité de la germination des graines (%) du gombo en présence d'hormones végétales.....	45
<b>Fig.29-</b> Cinétique de la germination des graines du gombo en % en présence d'hormones végétales.....	46
<b>Fig.30-</b> Coefficient de vélocité (cv) et temps moyens de la germination (Tm) des graines du gombo en présence d'hormones végétales.....	48

<b>Fig.31-</b> Taux finaux (%) de la germination des graines du gombo en présence d'hormones végétales.....	49
<b>Fig.32-</b> Longueur radicaire (cm) des plantules du gombo en présence des hormones végétales.....	50
<b>Fig.33-</b> Longueur des racicules des plantules du gombo en présence combinée du GA3 et de l'ABA exogènes. Photos prises après 164h d'imbibition.....	51
<b>Fig.34-</b> Poids frais (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.....	51
<b>Fig.35-</b> Poids sec (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.....	52
<b>Fig.36-</b> Teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.....	53

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1-</b> Classification APG II, 2003 du gombo.....	19
<b>Tableau 2-</b> Valeur nutritive pour 100 g de gombo consommés .....	21
<b>Tableau 3-</b> Concentrations de sel et d'hormones utilisées dans les différents traitements.	24
<b>Tableau 4-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la précocité de la germination des graines du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	27
<b>Tableau 5-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la cinétique de la germination (%) des graines du gombo stressées avec 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	29
<b>Tableau 6-</b> Coefficients de vélocité (Cv) et temps moyens de la germination (Tm) des graines du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	30
<b>Tableau 7-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du taux final de la germination des graines du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	31
<b>Tableau 8-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la longueur radiculaire (cm) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.....	32
<b>Tableau 9-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du poids frais (g) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales...	34
<b>Tableau 10-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du poids sec (g) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales...	35
<b>Tableau 11-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de teneur en eau (%) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l <sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales...	36
<b>Tableau 12-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la précocité de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	37
<b>Tableau 13-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la cinétique de la germination (%) des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	38

<b>Tableau 14-</b> Coefficients de vélocité (Cv) et temps moyens de la germination (Tm) des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	39
<b>Tableau 15-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du taux final de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	40
<b>Tableau 16-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la longueur racinaire (cm) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	41
<b>Tableau 17-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du poids frais (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	43
<b>Tableau 18-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du Poids sec (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	43
<b>Tableau 19-</b> Teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.....	44
<b>Tableau 20-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la précocité de la germination des graines du gombo en présence d'hormones végétales.....	45
<b>Tableau 21-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la cinétique de la germination (%) des graines du gombo en présence d'hormones végétales.....	47
<b>Tableau 22-</b> Coefficient de vélocité (%) et temps moyen de la germination (jours) des graines du gombo en présence d'hormones végétales.....	48
<b>Tableau 23-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du taux final de la germination des graines du gombo en présence d'hormones végétales.....	49
<b>Tableau 24-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la longueur racinaire (cm) des plantules du gombo en présence des hormones végétales.....	50
<b>Tableau 25-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du poids frais (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.....	52
<b>Tableau 26-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du poids sec (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.....	53
<b>Tableau 27-</b> Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.....	54

# SOMMAIRE

Introduction .....	1
--------------------	---

## CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

### I- Aspects physiologiques de la germination

1. La germination.....	4
a. Définition.....	4
b. Types de germination.....	4
c. Conditions de la germination.....	4
d. Les phases de la germination.....	5
2. La dormance des graines.....	6
a. Types de dormance.....	6
b. La levée de dormance.....	7
3. Les hormones végétales.....	8
3.1. Les gibbérellines.....	8
a. Historique.....	8
b. Définition.....	9
c. Biosynthèse des gibbérellines.....	10
d. Les gibbérellines dans la plante – Répartition- Transport.....	10
e. Effets physiologiques.....	10
f. Effets des gibbérellines sur la germination.....	11
3.2. L'acide abscissique.....	11
a. Historique.....	11
b. Définition.....	11
c. Nature chimique –Biosynthèse.....	11
d. Effets physiologiques et mécanismes d'action.....	12

### II- Le Stress Salin

1. Notion de stress.....	13
2. La salinité.....	13
3. Effet de la salinité sur les plantes.....	14
3.1. Effet de la salinité sur la germination.....	14
3.1.1. Effet de la salinité sur les quelques paramètres de la germination.....	15
4. Mécanismes d'adaptation des plantes au sel.....	15

### III- La plante : Le gombo (*Abelmoschus esculentus* L.)

1. Le genre <i>Abelmoschus</i> .....	17
a. Historique.....	17
b. Données taxonomiques.....	17

2.	L'espèce <i>Abelmoschus esculentus</i> L.....	17
a.	Origine géographique.....	17
b.	Classification APG II, 2003 de l'espèce.....	18
c.	Description.....	19
d.	Croissance et développement.....	20
e.	Ecologie.....	20
f.	Intérêt socio-économique.....	20
g.	Ressources génétiques.....	21
h.	Production.....	22

## **CHAPITRE II : Matériel et méthodes**

I-	Matériel végétal.....	23
1.	Origine du matériel végétal.....	23
2.	Préparation des graines pour les tests de germination.....	23
II-	Méthodes.....	24
a.	Précocité de la germination.....	24
b.	Estimation du taux de la germination.....	24
c.	Vitesse de la germination.....	25
d.	Cinétique de la germination.....	25
e.	Taux final de la germination.....	25
f.	La longueur de la radicule.....	25
g.	Teneur moyenne en eau.....	25
h.	Traitement statistique.....	26

## **CHAPITRE III – Résultats**

I-	<b>Action combinée NaCl-Hormone sur de la germination des graines du gombo.....</b>	<b>27</b>
a.	Précocité de la germination.....	27
b.	Cinétique de la germination.....	28
c.	Vitesse de la germination.....	29
d.	Taux finaux de la germination.....	30
e.	Longueur de la radicule.....	31
f.	Poids frais.....	33
g.	Poids sec.....	34
h.	Teneur en eau.....	35
II-	<b>Action hormonale sur la germination des graines du gombo.....</b>	<b>36</b>
a.	Précocité de la germination.....	36
b.	Cinétique de la germination.....	37
c.	Vitesse de la germination.....	39
d.	Taux finaux de la germination.....	40
e.	Longueur de la radicule.....	41



f. Poids frais.....	42
g. Poids sec.....	43
h. Teneur en eau.....	44
<b>III- Action hormonale combinée GA3-ABA sur la germination des graines du gombo.....</b>	<b>45</b>
a. Précocité de la germination.....	45
b. Cinétique de la germination.....	46
c. Vitesse de la germination.....	47
d. Taux finaux de la germination.....	48
e. Longueur de la radicule.....	49
f. Poids frais.....	51
g. Poids sec.....	52
h. Teneur en eau.....	53
<b>Discussion et conclusion générale.....</b>	<b>55</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>60</b>
<b>Annexe 1.....</b>	<b>74</b>
<b>Annexe 2.....</b>	<b>75</b>
<b>Annexe 3.....</b>	<b>76</b>



# INTRODUCTION

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION

Dans leur environnement naturel, les végétaux sont soumis à un grand nombre de contraintes environnementales de nature biotique et abiotique qui vont influencer leur croissance et leur développement (MAAROUF et RAYNAUD, 2007). Les perturbations d'ordre physiologique, morphologique, biochimique, moléculaire et hormonales sont imputables aux divers stress abiotiques (ARAUS *et al.*, 2002 ; AUBERT, 2011) Toutefois, certains végétaux disposent d'un potentiel génétique pour la tolérance vis-à-vis des stress environnementaux (DIALLO *et al.*, 2013).

D'autre part, les régions arides et semi arides sont caractérisées par des biotopes affectés par la salinisation. En effet, cette contrainte constitue un facteur limitant de la productivité et du développement agricole (ASHRAF et HARRIS, 2004, ABDEL LATEF, 2010). Par exemple, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel (SHENG *et al.*, 2008). L'Algérie est parmi les pays menacés avec 3,2 millions d'ha affectés par la salinité (BELKHODJA et BIDAI, 2004). La salinité peut provoquer au sein de la plante des effets d'ordre osmotique, toxique ou nutritionnel (MOHSEN *et al.*, 2011) donc la sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité (ARBAOUI *et al.*, 2000).

La réponse des plantes n'est pas seulement liée à l'action néfaste des facteurs abiotiques comme la salinité au cours de leur cycle de développement mais il n'est pas exclu que ces plantes utilisent des stratégies hormonales entre autre pour atténuer l'effet de la salinité (ACKERSON, 1984 ; DEBEZ *et al.*, 2001).

Ainsi, la germination des graines est une des phases critiques au cours de la vie de la plante (PEAREN *et al.*, 1997; MIRI et MIRJALILI, 2013). En effet, la salinité réduit généralement la germination aussi bien chez les glycophytes (SIDDIQUI *et al.*, 2006) que les halophytes (BIDAI, 2001; DEBEZ *et al.*, 2004).

La recherche des mécanismes pour comprendre l'action hormonale sur le processus de germination constitue une clé majeure pour améliorer la germination des espèces sensibles au sel et ultérieurement leur mise en place dans des conditions salines (ATIA *et al.*, 2009).

La régulation de la dormance et de la germination par l'équilibre hormonal GA/ABA, en réponse aux signaux environnementaux, a été bien documentée (FINKELSTEIN *et al.*, 2008 ; SEO *et al.*, 2009; NAMBARA *et al.*, 2010; WEITBRECHT *et al.*, 2011; RAJJOU *et al.*, 2012).

Parmi les hormones, l'acide abscissique (ABA) est une phytohormone impliquée dans l'abscission des feuilles et la dormance des bourgeons ; elle est considérée aussi comme le composant clé de l'adaptation des végétaux aux stress abiotiques, notamment la sécheresse et le stress salin (HUBBARD *et al.*, 2010; FUJITA *et al.*, 2011).

# INTRODUCTION

---

L'ABA intervient dans la dormance des graines et est antagoniste aux gibbérellines durant la germination (JAIMES MIRANDA, 2006; DEROUET, 2010 ; MIRANSARI et SMITH, 2014).

Les gibbérellines par contre, sont connues pour favoriser le processus de levée de dormance et de germination (FINKELSTEIN et *al.*, 2008) chez plusieurs espèces de plantes. Ce groupe d'hormones stimulent la germination en induisant les enzymes hydrolytiques qui affaiblissent les barrières des tissus des téguments, en induisant la mobilisation des réserves de stockage des graines, et en stimulant l'expansion de l'embryon (N'Dri et *al.*, 2011). L'application de GA3 semble atténuer l'effet retardateur de la salinité tout en favorisant la germination des graines du gombo (ZEMANI, 2009; BOUMIA, 2011; CHOUHIM, 2011). Cette espèce fait l'objet du matériel végétal expérimental dans notre étude.

Appartenant à la famille des Malvacées, le gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) est une plante exceptionnelle et originale car toutes ses parties (racines, tige, feuilles, fruits, graines) sont valorisées sur le plan alimentaire, médicinal, artisanal et même industriel (MARIUS et *al.*, 1997; SIEMONSMA et HAMON, 2004). En effet, il est parmi les légumes, une plante fournissant des produits à valeur nutritionnelle, appréciable, dépassant même celle de la tomate (HAMON et CHARRIER, 1997). Ses fortes teneurs en glucides, protéines, vitamines A et C, en fer, phosphore, potassium et magnésium sont démontrées (NZIKOU et *al.*, 2006).

En Algérie, le gombo n'est cultivé et commercialisé que dans les régions de l'Est (Sud de Annaba) et dans le Sud Ouest (région de Bechar) alors qu'il est très peu connu dans le reste du pays.

Pour encourager la culture et le développement du gombo à l'échelle du pays et l'intégrer dans la production agricole, il s'impose de mieux connaître cette espèce.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'action hormonale à savoir les gibbérellines et l'acide abscissique sur le processus de la germination des graines du gombo soumises à une contrainte saline.

Nous proposons dans un premier chapitre une revue bibliographique comportant trois parties :

- la première est basée sur les différents aspects physiologiques de la germination y compris la régulation hormonale.
- la seconde partie s'inscrit dans le sens de la compréhension des mécanismes liés au stress salin.
- une troisième partie est réservée à une description détaillée du matériel végétal utilisé.

Le deuxième chapitre décrit la méthodologie adoptée au cours de cette expérimentation ; l'exploitation des résultats obtenus est décrite dans un troisième chapitre.

En quatrième chapitre, une discussion des résultats obtenus portant sur l'action hormonale et saline sur la germination des graines du gombo. Enfin, une conclusion et des perspectives sont enfin données.

# INTRODUCTION

---

Dans une première étape, la germination du gombo est suivie à travers la précocité de la germination, la cinétique de la germination des graines, la vitesse de la germination exprimée par le coefficient de vélocité et le temps moyen de la germination et le taux final de la germination. Dans la seconde étape, nous apprécions la réponse des plantules en mesurant la longueur de la racicule, les poids frais et sec, ensuite la teneur en eau.



# CHAPITRE I

## Synthèse bibliographique

---

**CHAPITRE I- Synthèse bibliographique****I- ASPECTS PHYSIOLOGIQUES DE LA GERMINATION****1. La germination****a. Définition**

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer; elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (HOPKINS, 2003).

La germination est le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. Selon MAZLIAK (1982), c'est un processus physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. Une semence a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée (BEWLEY, 1997).

**b. Types de germination**

On distingue deux types de germination :

La germination épigée, caractérisée par un soulèvement des cotylédons hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle. Le premier entre-noeud donne l'épicotyle, et les premières feuilles, au dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales. Tandis que chez les plantes à germination hypogée, les cotylédons restent dans le sol (AMMARI, 2011).

**c. Conditions de la germination****➤ Conditions externes de la germination**

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (SOLTNER, 2007).

**• L'eau**

Selon CHAUSSAT et LEDEUNFF (1975), la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division.

**• L'oxygène**

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (SOLTNER, 2007). Selon MAZLIAK (1982), une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination.

D'après MEYER et *al.* (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

**• La température**

La température a deux actions :

Soit directe par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour la quelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la

germination (MAZLIAK, 1982), soit indirecte par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (CHAUSSAT *et al.*, 1975).

- **La lumière**

La lumière agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des graines à photosensibilité négative et stimule celles à photosensibilité positive (ANZALA, 2006). Les espèces indifférentes à la photosensibilité sont rares (HELLER *et al.*, 1990).

- **Conditions internes de la germination**

Lorsque des graines arrivées à maturité sont placées dans des conditions optimales de température, d'humidité et d'oxygénation pour leur croissance et qu'elles ne germent pas, plusieurs causes sont à envisager : la dormance de l'embryon ou les inhibitions de germination. Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même; elle doit être vivante, mûre, apte à germer (non dormante) et saine (JEAM *et al.*, 1998).

- d. Les phases de la germination**

- La première phase ou **phase d'imbibition** est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle se déroule même si la graine n'est pas viable. Cette entrée d'eau est accompagnée d'une augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales.

- La deuxième phase est la **phase de germination au sens strict**. Elle est caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau ; l'hydratation des tissus et des enzymes est totale. La consommation en oxygène est stable. De plus, les synthèses protéiques sont facilitées car la graine renferme toute la machinerie nécessaire, en particulier des ARNm y sont accumulés (RAJJOU *et al.*, 2004). Durant cette phase, il y a reprise de la respiration et des activités métaboliques. La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques. L'eau rend mobiles et actives les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurones où elles vont activer la synthèse d'hydrolases (telles que les  $\alpha$ -amylases, les nucléases ou les protéinases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire. Les  $\alpha$ -amylases hydrolysent l'amidon stocké dans l'albumen et libèrent des molécules de glucose, substrat du métabolisme respiratoire. La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules (HELLER *et al.*, 2004).

- La troisième phase ou **phase de croissance post-germinative** est caractérisée à nouveau par une entrée d'eau et une augmentation importante de la respiration. La consommation de l'oxygène serait due aux enzymes néosynthétisées.

D'après GRAPPIN et ses collaborateurs (2000), l'ABA maintiendrait la dormance au cours de l'imbibition et serait ainsi le facteur qui régulerait l'entrée en phase III. En effet, ces auteurs ont démontré la présence d'une néosynthèse d'ABA dans les premières heures de l'imbibition chez *N. plumbaginifolia*, qui empêcherait l'accomplissement de la germination.



## 2. La dormance des graines

Chez de nombreuses plantes, la germination des graines n'est pas immédiate, et nécessite le passage par une période de repos pendant laquelle la germination est inhibée par divers mécanismes.

La dormance est un stade important dans le cycle de vie des plantes. C'est un état provisoire dans lequel des graines viables ne peuvent pas germer même dans des conditions favorables; cet état se caractérise par une absence virtuelle d'activité métabolique et/ou par un manque virtuel de développement et de croissance (HILHORST et KOORNNEEF, 2007).

La dormance peut être liée à la présence d'inhibiteurs, la présence de protéines photosensibles ou chromoprotéines, l'imperméabilité des enveloppes à l'eau ou à l'oxygène, et/ou à la résistance mécanique des enveloppes. C'est une propriété innée qui est définie par des facteurs génétiques et environnementaux pendant le développement de la graine.

La dormance correspond à une inaptitude pour la graine de germer même dans des conditions favorables (BEWLEY, 1997). La dormance est acquise en fin de maturation de la graine.

### a. Types de dormance

Il existe deux types de dormance :

La dormance primaire ; elle s'installe pendant la formation des semences, et est présente à la récolte. C'est un état de repos profond qui se produit sous l'influence des facteurs internes de nature tégumentaire ou embryonnaire. L'installation de la dormance primaire est montrée comme étant dépendante de l'ABA. En effet, la surexpression des enzymes de la voie de biosynthèse de l'ABA favorise la dormance, tandis que des graines déficientes en ABA ne présentent pas de dormance (NAMBARA et MARION-POLL, 2005; FINCHTEL-SAVAGE et LEUBNER-METZGER, 2006).

#### ▪ La dormance tégumentaire

Les téguments assurent normalement la protection des graines mais dans de nombreux cas ils peuvent empêcher la germination en jouant un rôle de :

- barrière physique : résistance mécanique, imperméabilité à l'eau.
- barrière chimique : piégeage de l'oxygène par des composés phénoliques, présence d'inhibiteurs de germination dans les téguments.

#### ▪ La dormance morphologique (embryonnaire)

La dormance "morphologique" est due à la présence d'un embryon « sous développé » au moment de la dissémination des graines (BASKIN et BASKIN, 1998). La germination ne peut avoir lieu tant que l'embryon n'est pas arrivé au terme de sa croissance.

D'autre part, la dormance de l'embryon, impliquerait selon d'autres auteurs essentiellement d'autres facteurs: les cotylédons, ainsi que les inhibiteurs de germination, dont surtout l'acide abscissique (ABA) (BEWLEY et BLACK, 1994).

Parmi les dormances embryonnaires on peut distinguer :

Les dormances photolabiles; les dormances scotolabiles; les dormances xérolabiles; les dormances psychrolabiles (HELLER *et al.*, 1990).

➤ La dormance secondaire (ou dormance induite), elle apparaît après la récolte pendant le stockage sous l'action de divers facteurs externes (température, oxygène, lumière) défavorables à la conservation. Elle commence automatiquement après la levée de la dormance primaire si les conditions ne sont pas favorables à la germination et à l'inhibition de la dormance (FINCH-SAVAGE et LEUBNER-METZGER, 2006) La mise en place de la dormance secondaire semble également dépendante des teneurs en ABA. Par exemple, l'induction de la dormance secondaire chez *Brassica napus* est associée à une augmentation de la concentration en ABA au sein de la graine (WENTAO *et al.*, 2009).

La dormance est régulée de façon complexe par des signaux endogènes à la graine mais également par des facteurs environnementaux. Au sein de la graine, la balance hormonale Acide Abscissique (ABA)/ Acide Gibbérellique (GA) va être un régulateur majeur de la dormance, l'ABA favorisant la dormance, le GA l'inhibant (MATILLA et MATILLA-VAZQUEZ, 2008).

#### **b. La levée de dormance**

La levée de dormance, est accomplie par divers mécanismes incluant des interactions complexes entre l'environnement et les facteurs internes (FINKELSTEIN *et al.*, 2008). Elle est caractérisée par une augmentation de la biosynthèse des GA et une dégradation de l'ABA (FINCH-SAVAGE et LEUBNER-METZGER, 2006) (Fig.1).

Plusieurs techniques variant selon l'espèce et la nature de la dormance, sont prescrites pour levée la dormance avant le semis ou les tests de germination. La stratification froide (vernalisation) ou chaude (estivation), la scarification (mécanique, chimique ou physique), l'élimination des téguments et l'élimination des substances inhibitrices sont des procédés proposés (BACCHETTA *et al.*, 2006).

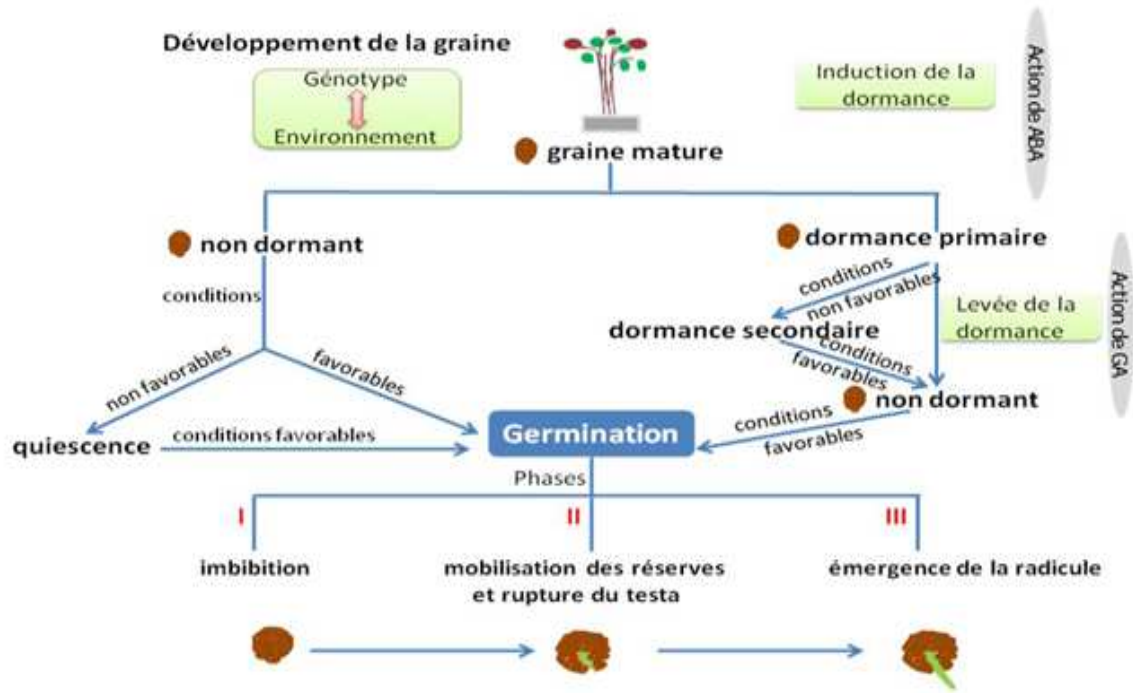
L'induction et la levée de dormance (primaire ou secondaire) sont contrôlées par divers mécanismes qui incluent les interactions complexes entre l'environnement et deux principales phytohormones: l'acide abscissique (ABA), et les Gibbérellines telles que l'acide gibbérellique (GA3) (Fig.1).

L'ABA favorise l'induction et le maintien de la dormance pendant la maturation embryonnaire. Cette hormone peut inhiber la germination et son accumulation est corrélée avec le début de la dormance (HILHORST et KOORNNEEF, 2007). Les gibbérellines par contre, sont connues pour favoriser le processus de levée de dormance et de germination (FINKELSTEIN *et al.*, 2008) chez plusieurs espèces de plantes.

Ce groupe d'hormones stimulent la germination en induisant les enzymes hydrolytiques qui affaiblissent les barrières des tissus tels que les endospermes où les téguments, en induisant la mobilisation des réserves de stockage des graines, et en stimulant l'expansion de l'embryon.

Des études ont formulé la théorie de l'équilibre hormonale selon laquelle la dormance et la germination des graines dépendent de l'accumulation de l'ABA et de GA.

Les signaux environnementaux régulent cet équilibre en modifiant l'expression des enzymes cataboliques et biosynthétiques (FINKELSTEIN *et al.*, 2008)



**Fig.1-** Influence des conditions environnementales sur le développement, la dormance et la germination de la graine. (N'DRI *et al.*, 2011)

Ces étapes physiologiques d'induction et de levée de dormance sont gouvernées par les loci biosynthétiques (NCED (9-cis-epoxycarotenoid dioxygénase) et GA3ox1 (Gibberellin 3 oxidase 1) et cataboliques (GA2ox2 (Gibberellin 2 oxidase) et CYP707A2 (cytochrome P450707A)).

### 3. Les hormones végétales

Traditionnellement, cinq classes d'hormones végétales ont retenu l'intérêt des chercheurs: Les auxines, les cytokinines, l'éthylène, l'acide abscissique et les gibbérellines.

On a constaté plus récemment que les plantes disposent également d'autres signaux chimiques intervenant dans le contrôle de leur développement.

On retrouve parmi celles-ci l'acide salicylique (composé phénolique), l'acide jasmonique (un cyclopentane dérivé de l'acide linoléique), les brassinostéroïdes (stéroïde), la bêtaïne et la systémine (petit peptide).

#### 3.1. Les gibbérellines

##### a. Historique

Elle fut mise en évidence pour la première fois par le phytopathologiste Eiichi Kurosawa en 1926, chez *Gibberella fujikuroi* (Ascomycète parasite du riz qui allonge exagérément les tiges) (YAMAGUCHI, 2008; SANTNER *et al.*, 2009). Entre 1935 et

1938, Teijiro Yabuta isole et purifie la substance à l'origine de la maladie. En 1955, Brian et ses collaborateurs réussirent à déterminer la structure chimique de l'acide gibbérellique (GA3) (HELLER et *al.*, 2004).

### b. Définition

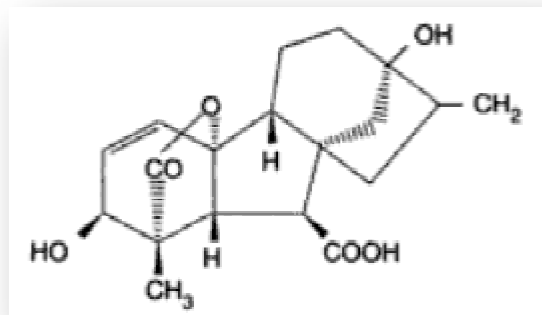
Les gibbérellines sont une famille de 136 diterpènes tetracycliques (possédant en principe 20 carbones) formés par quatre unités isoprène dont certains seulement sont actifs en tant qu'hormone et variant selon les espèces considérées (THOMAS et *al.*, 2005).

Les gibbérellines sont associées à différents processus de développement des plantes comme la germination, l'élongation des tiges, la floraison, le développement du fruit et la régulation de l'expression génique dans l'aleurone des céréales.

Elles se différencient par :

- Le nombre total d'atomes de carbone (gibbérellines en C19 ( $C_{19}H_{22}O_6$ ), ex : GA3 et en C20, ex : GA18).
- La présence ou non de doubles liaisons
- Le nombre de carboxyles
- Le nombre et la position des substituants (OH ou CH3 en particulier)

Le GA3 est facilement extrait de cultures de champignons, il est aussi la forme commercialement la plus disponible et il est de ce fait, la gibbérelline la plus étudiée (HOPKINS, 2003).



**Fig.2-** l'acide gibbérellique (GA3) (HOPKINS, 2003).

Toutes les gibbérellines dérivent du GA12 formé à partir de l'ent-kaurène. Les enzymes importantes pour la régulation de la teneur en GA sont des oxydases (GA3ox1 à 4) impliquées en aval dans la voie de biosynthèse du GA actif. GA3ox1 et 2 par exemple, sont importants pour la germination. Ils sont exprimés surtout dans les axes embryonnaires durant la germination chez *Arabidopsis* et leur délétion entraîne une diminution de la capacité germinative (MITCHUM et *al.*, 2006).

Le récepteur du GA (GID1 ; GIBBERELLIN-INSENSITIVE DWARF1) est une protéine soluble dont la structure est similaire aux lipases sensibles aux hormones (hormonesensitive lipases HSLs) (UEGUCHI-TANAKA et *al.*, 2005). Quand le GA est présent, il se lie à son récepteur et le complexe GID1-GA interagit avec les protéines DELLA (répresseurs du signal GA) qui sont alors dégradées via le complexe

SCFGID2/SLY1. Ce complexe ubiquitinye les protéines DELLA qui sont alors dégradées par le protéasome 26S, permettant ainsi la transmission du signal (HIRANO *et al.*, 2008).

### c. Biosynthèse des gibbérellines

La synthèse a lieu en trois étapes dans trois compartiments cellulaires :

- Formation de précurseurs isoprénoïdes et d'ent-kaurène dans les plastes.

L'unité d'isoprène basique est l'IPP (Iso Pentenil di-Phosphate), qui se forme dans les plastes des tissus photosynthétiques à partir de glycéraldéhyde-3-phosphate, ou bien dans le cytosol des cellules des graines à partir d'acide mévalonique.

Deux molécules d'IPP se condensent en une molécule de GPP (géranyl diphosphate). S'ajoute encore une molécule d'IPP pour former le FPP (farnésyl diphosphate), et enfin une quatrième molécule donnera le GGPP (géranyl-géranyl diphosphate). Le GGPP subit alors des processus de cyclisation conduisant à la formation de l'ent-kaurène qui sort dans le cytosol. Cette étape a lieu dans les plastes mais il semble que le GGPP soit synthétisé à partir de la voie du mévalonate contrairement au GGPP destiné à la biosynthèse des caroténoïdes (HEDDEN et PHILLIPS, 2000).

- Réactions d'oxydation dans le réticulum endoplasmique. Menées par des enzymes monooxygénases dépendantes du cytochrome P450 associé à la membrane du réticulum. Le kaurène forme la GA12, première gibbérelline de la voie, précurseur de toutes les autres.
- Synthèse de toutes les autres gibbérellines dans le cytosol, grâce à des dioxygénases solubles. Des changements chimiques s'opèrent par hydroxylation et oxydation. La GA1 est la première gibbérelline active.

### d. Les gibbérellines dans la plante – Répartition- Transport

Les gibbérellines sont synthétisées dans les tissus jeunes de la tige et les graines en développement. Il est possible que les gibbérellines soient synthétisées sur le site de leur perception.

Les gibbérellines peuvent présenter des formes conjuguées (c'est-à-dire associées avec un sucre tel que le glucose). Sous cette forme, elles sont généralement inactives permettant soit la régulation de leurs actions ou la mise en réserve.

Les concentrations habituelles des GAs sont de 0,1 à 100 ng / g de tissu frais mais de 1 à 10 µg au niveau des graines.

Les gibbérellines ne présentent pas de transport polarisé à la différence de l'auxine. Appliquées à un niveau quelconque de la plante, elles peuvent avoir des effets régulateurs sur toutes les autres parties. Elles ont été retrouvées dans la sève brute et la sève élaborée avec une vitesse de transport de 5 cm/h analogue à celle des sucres qui laisse supposer qu'elles sont transportées passivement dans les flux de sève dans le xylème et le phloème.

### e. Effets physiologiques

Les gibbérellines sont impliquées dans le développement de la graine, l'élongation des organes et le contrôle de la floraison (SANTNER *et al.*, 2009). Elle est aussi impliquée dans le processus de développement du fruit et la régulation de l'expression génique dans l'aleurone des céréales.

Des études récentes montrent que l'éthylène, les auxines et les brassinolides ont un effet synergique avec le GA sur l'élongation cellulaire et la taille de l'hypocotyle.

### f. Effets des gibbérellines sur la germination

Les GA jouent un rôle majeur dans la germination en activant la levée de dormance et la mobilisation des réserves (GUBLER *et al.*, 2008; SEO *et al.*, 2009). Cette hormone joue un rôle antagoniste à l'ABA et le ratio ABA/GA est le régulateur majeur du développement des graines : la maturation est favorisée par un ratio élevé alors que la germination est induite par un ratio faible (WHITE *et al.*, 2000).

En accord avec leur implication dans la germination, les allèles forts des mutants déficients dans la biosynthèse des GAs chez *Arabidopsis* sont incapables de germer sans apport de GAs exogènes (KOORNNEEF et VAN DER VEEN, 1980). De plus, une synthèse *de novo* de GAs a lieu pendant l'imbibition puisque des inhibiteurs de biosynthèse des GAs empêchent les graines de germer (NAMBARA *et al.*, 1991). Au niveau moléculaire, des données récentes indiquent que lors de l'imbibition, on assiste à une forte synthèse de GAs dans l'embryon. Dans l'épiderme, ces GAs inhiberaient l'action de FUS3, ce qui réprimerait le programme embryonnaire régulé par l'ABA et permettrait la mise en place des processus de germination (GAZZARRINI *et al.*, 2004).

## 3.2. L'acide abscissique

### a. Historique

Cette substance a été isolée pour la première fois en 1963 sous le nom d'« abscissine », impliquée dans l'abscission (d'où son nom) des feuilles de cotonnier (*Gossypium sp.*). En 1964, on désigne la « dormine » comme responsable de la dormance chez les bourgeons de sycomore. C'est enfin en 1965 que le double rôle dans l'abscission et la dormance est attribué à l'acide abscissique.

### b. Définition

L'acide abscissique (ABA) est une phytohormone initialement impliquée dans l'abscission des feuilles et la dormance des bourgeons. Aujourd'hui, l'ABA est considéré comme le composant clé de l'adaptation des végétaux aux stress abiotiques, notamment la sécheresse et le stress salin (FINKELSTEIN *et al.*, 2002).

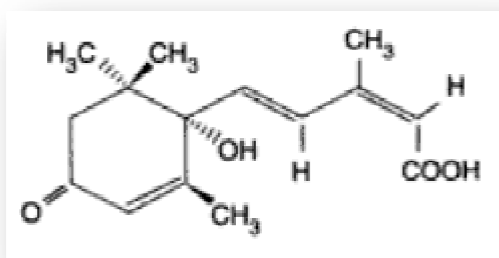


Fig.3- l'acide abscissique (ABA) (HOPKINS, 2003)

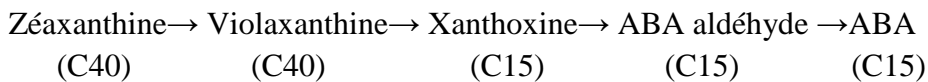
### c. Nature chimique –Biosynthèse

L'acide abscissique (ABA) est un sesquiterpène appartenant à la grande famille des isoprénoïdes. Ces molécules ont pour origine commune la polymérisation de deux

précurseurs à cinq atomes de carbone : l'isopentényl phosphate (IPP) et son isomère, le diméthylallyl pyrophosphate (DMAPP).

Deux voies de biosynthèse ont été successivement proposées pour l'ABA, la première dite voie en C15 correspondrait à la condensation de 3 molécules d'isopentényl pyrophosphate selon un mécanisme analogue à celui de la synthèse des Gibbérellines (KERMODE, 2005).

La deuxième voie dite en C40 a été caractérisée plus récemment, elle correspond à une coupure de caroténoïdes en C40 du type zeaxanthine selon la séquence :



Au total il est maintenant admis que la voie en C15 n'est pas opérationnelle chez les plantes mais chez certains champignons, la totalité de l'ABA venant de la voie en C40 chez les organismes chlorophylliens où la synthèse de l'ABA a d'ailleurs lieu dans les chloroplastes riches en caroténoïdes (la zéaxanthine époxydase correspond à un cDNA présentant une séquence d'adressage vers le chloroplaste).

Le catabolisme de l'ABA procède via une hydroxylation pour donner le 8 hydroxy ABA ensuite converti en acide phaséique, l'ABA 8 hydroxylase est une monooxygénase à phytochrome P450 Cette dégradation intervient, par exemple lors du retour à un état hydrique normal après une période de sécheresse pour réduire le taux d'ABA (CHAUHAN *et al.*, 2009).

L'ABA peut également être converti en formes conjuguées inactives :

- ABA glucosyl ester sur le COOH.
- ABA glucoside sur l'OH du carbone asymétrique.

Au cours de la période hivernale on assiste chez certaines espèces à une interconversion entre formes libres et formes conjuguées.

#### **d. Effets physiologiques et mécanismes d'action**

L'ABA est une hormone régulant de nombreux processus physiologiques chez les végétaux comme la germination, la fermeture des stomates, l'initiation des racines secondaires, la régulation de la croissance foliaire ou encore les interactions plantes-pathogènes (TARDIEU *et al.*, 2010).

Initialement identifié comme agent responsable de l'abscission des fruits, son rôle dans la réponse des plantes aux contraintes environnementales (sécheresse, stress salin, stress osmotique, froid) a été intensément étudiée ces dernières années (HUBBARD *et al.*, 2010; RAGHAVENDRA *et al.*, 2010 ; FUJITA *et al.*, 2011).

##### **➤ Une hormone majeure pour les semences**

L'ABA est défini comme un répresseur de la germination (FINCH-SAVAGE et LEUBNER-METZGER, 2006). Un apport exogène provoque une inhibition de la germination, bien que le phénotype observé ne corresponde pas à celui de la dormance (CARRERA *et al.*, 2008). De nombreux gènes impliqués dans la signalisation ABA au niveau de la graine mais également au niveau de la plante entière ont ainsi été isolés. On retrouve par exemple des gènes codants des protéines de type LEA (*Late Embryogenesis Abundant*), des facteurs de transcription, des protéines kinases et des phosphatases ainsi

que de nombreux transporteurs et enzymes impliqués soit dans la synthèse d'osmoprotectants, soit dans le métabolisme des acides gras et/ou du carbone. A l'inverse, parmi les gènes réprimés par l'ABA, nombreux sont ceux qui participent à la croissance et au développement (FUJITA *et al.*, 2011).

Cette phytohormone peut induire ou prolonger la dormance des graines les conditions environnementales ne sont pas optimales pour initier la germination. La maturation de la graine est également caractérisée par une accumulation des réserves et l'acquisition de la tolérance à la dessiccation.

## **II- LE STRESS SALIN**

### **1. Notion de stress**

Le stress est l'ensemble des perturbations physiologiques ou pathologiques provoqué dans un organisme par des agents biotiques (parasites, pathogènes) ou abiotiques (salinité, sécheresse, température, pollution, etc.) (MAAROUF et RAYNAUD, 2007).

Les plantes sont généralement soumises à des stress qui se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et de sa productivité (ARAUS *et al.*, 2002).

Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress :

Les stress biotiques (dus à une agression par un autre organisme) et abiotiques (principalement à des facteurs environnementaux) (VINCENT, 2006).

La sécheresse, une forte salinité du sol et le froid sont des conditions environnementales défavorables auxquelles la plante doit s'adapter. Ce sont les stress abiotiques auxquels la plante est le plus souvent confrontée, et donc les plus étudiés. Ils conduisent tous à un déficit hydrique cellulaire, c'est pourquoi leurs voies de signalisation ont de nombreux éléments communs. En particulier, chacun d'entre eux peut provoquer l'augmentation de la teneur en ABA dans la plante : c'est l'hormone principale permettant de réguler la tolérance à ces stress. Un de ses rôles principaux est de maintenir l'homéostasie osmotique des cellules, grâce à la fermeture des stomates et à l'induction de gènes de tolérance au stress hydrique. Lorsque les plantes sont exposées à des stress biotiques et abiotiques, le GA3 est rapidement accumulé (LEHMANN *et al.*, 2000) .

### **2. La salinité**

La salinité constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées (MUNNS et TESTER, 2008). Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation (avec de l'eau de faible qualité) ou l'utilisation de certains types d'engrais (RUBIO *et al.*, 1995). Ainsi, chaque année, près de 10 millions d'hectares de terre cultivables sont perdus dans le monde du fait de l'accumulation, au cours du temps, de petites quantités de sel contenues dans l'eau d'irrigation.

L'Algérie est parmi les pays menacés, on compte 3,2 millions d'ha affectés par la salinité (BELKHODJA et BIDAI, 2004).



Basé sur leur capacité à croître sur un milieu salin, les plantes, y compris les espèces cultivées, sont traditionnellement classés en : glycophytes; montrant les effets du sel à des concentrations inférieure à 50 mM, ou halophytes qui peuvent compléter leur cycle de vie à 500 mM (MAAS, 1986). Bien que les glycophytes soient les plus sensibles au stress salin, leur tolérance varie considérablement entre les espèces et les variétés (GREENWAY et MUNNS, 1980).

La conséquence générale de la présence de sels dans les sols est une limitation de la croissance qui provoque une baisse de rendement. Dans les régions semi-arides, la concentration en sel de la solution du sol peut atteindre 100mM, condition qui inhibe la croissance de la quasi-totalité des plantes cultivées (AMTMAM et SANDRES, 1999). Pour les concentrations en sel les plus fortes, même la germination peut devenir impossible.

En Algérie, les zones semi-arides et arides couvrent près de 95% du territoire (BENKHELIF et *al.*, 1999). Les sols salés sont très répandus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface (HALITIM, 1988) soit 3,2 millions d'hectares (HAMDY, 1999).

### 3. Effet de la salinité sur les plantes

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> cause le stress salin.

Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol.

Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétique... sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress. (PARIDA et DAS, 2005).

#### 3.1. Effet de la salinité sur la germination

La germination des semences qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Elles répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (ASKRI, 2007; WENTAO et *al.*, 2009).

Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (DEBEZ et *al.*, 2001).

Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique. Les effets osmotiques se traduisent par l'incapacité des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination, par contre, les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la

physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (REJILI et *al.*, 2006).

### 3.1.1. Effet de la salinité sur les quelques paramètres de la germination

La salinité réduit significativement la précocité de germination des semences, alors que le pourcentage de cette dernière s'avère moins influencé par le stress salin (DREVON et SIFI, 2003). Elle affecte tout les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de la vie active de l'embryon (MAAS et POSS, 1989).

La salinité agit également sur la germination en ralentissant sa vitesse, ce qui expose plus les semences aux risques (SLAMA, 2004).

A titre d'exemple ; le taux de germination du cotonnier chute de 70% en présence de 12 g/l de chlorure de sodium (NaCl) et la germination des tubercules de pomme de terre peut être retardée de 3 à 7 jours selon le degré de salinité du sol (LEVIGNERON et *al.*, 1995). La luzerne qui voit sa germination affectée négativement par la présence du sel et peut être inhibée complètement à des concentrations supérieures à 15 g/l de NaCl (CHAIBI., 1995). Tandis que chez l'*Atriplex halimus* L. la vitesse de germination est ralentie à partir de 10 g/l de NaCl et davantage inhibée à des concentrations plus élevées (DEBEZ et *al.*, 2001). Selon BENREBIHA (1987), la germination d'*Atriplex halimus* et d'*Atriplex nummularia* est inhibée dès que la concentration en NaCl dépasse 4 g/l à 20°C.

## 4. Mécanismes d'adaptation des plantes au sel

Les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologique et biochimique (BEN NACEUR et *al.*, 2001). La réponse au sel des espèces végétales dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (MALLEK-MAALEJ et *al.*, 1998).

La plante peut d'adapter au stress salin de différentes manières:

### ➤ L'exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne des cellules de la racine, ainsi que le transport sélectif permet d'adsorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na<sup>+</sup> (GENOUX et *al.*, 1991).

### ➤ L'inclusion

La plante capte le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes moléculaires" et ainsi le sel est isolé des constituants cellulaires vitaux (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).

### ➤ L'ajustement osmotique

L'ajustement osmotique du cytoplasme, suite à un stress osmotique provoqué par la présence de NaCl dans le milieu extérieure est réalisé par l'accumulation de solutés organiques.

Parmi ces composés s'accumulant lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme la proline (HASSANI *et al.*, 2008); des sucres (fructose, saccharose) et leur dérivés alcool (glycérol, mannitol, pinitol) (KELLER et LUDLOW, 1993) et des méthylamines (glycine bêtaïne) (WERETILNYK *et al.*, 1989).

➤ **Biosynthèse d'osmoprotectants**

Les gènes impliqués dans la synthèse d'osmoprotectants sont surexprimés sous stress salin (ZHU, 2002). Les osmoprotectants compatibles pour différents solutés sous stress salin protègent les plantes par ajustement osmotique ce qui maintient la turgescence cellulaire, par détoxification des espèces réactives d'oxygène (ROS : Reactive Oxygen Species), et par stabilisation de la structure (quaternaire) des protéines. Chez des plantes transgéniques, il a été prouvé que l'accumulation de mannitol (SHEN *et al.*, 1997), glycine bêtaïne (PRASAD *et al.*, 2000), et proline (ZHU *et al.*, 1998) améliorent leur tolérance au stress salin.

➤ **Contrôle membranaire**

Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition par une même protéine de transport (Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>).

D'un point quantitatif, la perméabilité membranaire au Na<sup>+</sup> ainsi que l'activité, la quantité et la sensibilité des antiports Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> membranaires évoluent pour s'adapter à un stress salin à long terme (TYERMAN et SKERETT, 1999).

➤ **Induction des hormones végétales**

La concentration élevée du sel déclenche une augmentation dans les taux des hormones végétales, comme l'ABA et les cytokinines. L'acide abscissique est responsable de l'altération des gènes induits par le stress salin. Les gènes inductibles de l'ABA sont prévus de jouer un rôle important dans le mécanisme de la tolérance au sel chez le riz.

Pendant le stress salin il y a une augmentation au niveau de la production de l'ABA et l'éthylène chez *Citrus sinensis*. Il s'est avéré que l'ABA vient alléger l'effet inhibiteur du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilats (PARIDA et DAS, 2005).

L'ABA favorise le passage de la forme C3 à la forme CAM chez *Mesembryanthemum crystallinum* pendant le stress salin (PARIDA et DAS, 2005). L'ABA favorise la fermeture des stomates en changeant le flux des ions dans les cellules de gardes sous les conditions de stress salin. On a montré que l'augmentation de l'absorption de Ca<sup>2+</sup> est liée à l'augmentation de l'ABA dans le cas du stress salin et donc contribue au maintien de l'intégrité membranaire, ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transport dans le cas d'excès de la salinité à long terme (CHEN *et al.*, 2001). Il a été rapporté que l'ABA réduit la libération de l'éthylène et l'abscission foliaire en condition de stress chez le *Citrus* probablement en diminuant l'accumulation de l'ion toxique Cl<sup>-</sup> dans les feuilles (GOMEZ-CADENAS *et al.*, 2002).

L'application de GA3 semble atténuer l'effet retardateur de la salinité tout en favorisant la germination des graines du gombo (CHOUHIM, 2011).

### III- LA PLANTE : Le gombo (*Abelmoschus esculentus* L.)

#### 1. Le genre *Abelmoschus*

##### a. Historique

Les Gombos cultivés et les espèces sauvages apparentées ont été initialement classés dans le genre *Hibiscus*, section *Abelmoschus* par LINNE (1737).

MEDIKUS (1787) a proposé d'élever cette section au rang d'un genre distinct, mais la référence au genre *Hibiscus* est restée jusqu'au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle. Il a fallu attendre la réhabilitation du genre *Abelmoschus* par HOCHREUTINER (1924) pour que son emploi soit admis dans les flores et la littérature contemporaine.

Ce genre se distingue du genre *Hibiscus* d'après les caractéristiques du calice: calice spatiforme, à cinq dents courtes, soudé à la corolle et caduc après la floraison (TERRELL et WINTERS, 1974).

##### b. Données taxonomiques

Le genre *Abelmoschus* appartient à la famille des Malvacées, laquelle comprend environ 1500 espèces surtout intertropicales. C'est une famille très facile à reconnaître par sa fleur qui a un aspect typique dû :

- à cinq pétales à préfloraison tordue (chaque pétale est à la fois recouvert et recouvrant) ;
- aux nombreuses étamines soudées en un tube (GUIGNARD, 1993).

Se distinguant par les caractéristiques du calice, le genre *Abelmoschus* est constitué d'une série polyploïde dont l'organisation n'est pas aisée à saisir. On peut cependant distinguer trois niveaux de ploïdie. Un premier ensemble d'espèces possèdent des nombres chromosomiques de base compris entre  $2n = 58$  et  $2n = 78$  chromosomes. Il s'agit d'*Abelmoschus tuberculatus*, *Abelmoschus manihot*, *Abelmoschus moschatus*, *Hibiscus coccineus*, *Hibiscus grandiflorus* et *Abelmoschus ficulneus*. Le deuxième niveau comprend les polyploïdes issus directement des génomes de base ( $2n = 120$  à  $140$ ) : ce sont *Abelmoschus esculentus*, *Abelmoschus tetraphyllus* et *Abelmoschus pungens*. Le dernier niveau comprend les Gombos de type "Guinéen" d'Afrique Occidentale à  $2n=192$  ou  $194$  chromosomes (CHARRIER, 1983).

#### 2. L'espèce *Abelmoschus esculentus* L.

##### a. Origine géographique

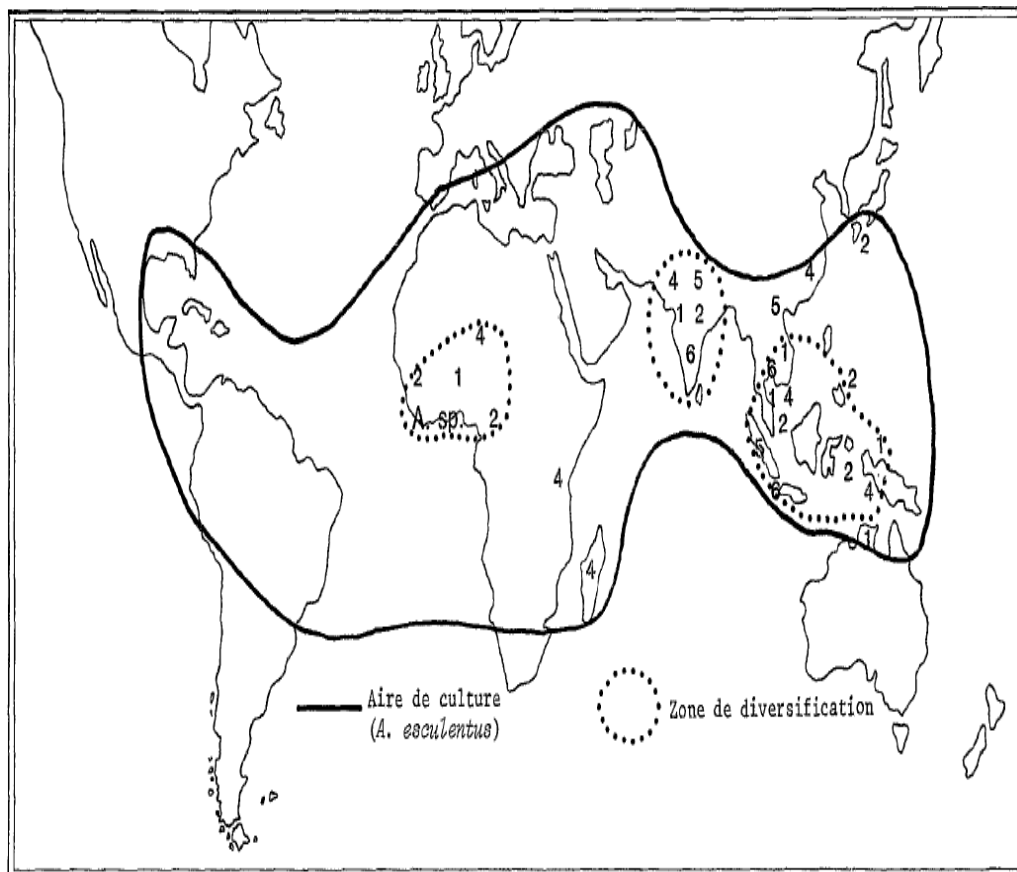
*Abelmoschus esculentus* L. est une plante cultivée d'origine controversée. En effet, si l'origine du genre *Abelmoschus* ne souffre d'aucun débat, deux hypothèses s'affrontent quant à l'origine géographique d'*Abelmoschus esculentus* L :

-Certains auteurs, soutenant que l'un de ses ancêtres (*Abelmoschus tuberculatus*) est natif de Uttar Pradesh (Nord de l'Inde) suggèrent que l'espèce *Abelmoschus esculentus* est originaire de cette aire géographique.

-D'autres, sur la base de sa culture antique en Afrique orientale et la présence de l'autre ancêtre (*Abelmoschus ficulneus*) suggèrent que l'aire de domestication

d'*Abelmoschus esculentus* est le Nord de l'Egypte ou l'Ethiopie. Cependant, aucune preuve définitive n'est disponible aujourd'hui (HAMON et SLOTEN, 1995).

*Abelmoschus esculentus* L. est très répandu dans les régions tropicales, subtropicales et méditerranéennes. Dans ces régions, il occupe une place importante dans l'alimentation. Il est cultivé surtout pour ses fruits immatures qui sont consommés après cuisson. Dans certaines régions, les feuilles de gombo sont utilisées comme l'équivalent d'épinards (HAMON, 1987).



**Légende :** 1 *A. moschatus*      2 *A. manihot*      4 *A. ficulneus*  
 5 *A. crinitus*      6 *A. angulosus*      *A. sp. type Guinéen*

**Fig.4-** Répartition géographique des espèces du genre *Abelmoschus* (CHARRIER et HAMON, 1982).

**b. Classification APG II, 2003 de l'espèce**

L'espèce cultivée *Abelmoschus esculentus* L. porte des noms différents selon les pays: Okra ou Lady's finger en anglais, Gombo en français, Quingombo en espagnol, Bhindi en hindi, Quiabero au Brésil et Bamiah en arabe. Les jeunes fruits produits par cette espèce sont utilisés comme légume. On récolte les fruits immatures de 3 à 6 cm de long,

dont les fibres ne sont pas encore différenciées et dont les graines sont en cours de formation (CHEVALIER, 1940).

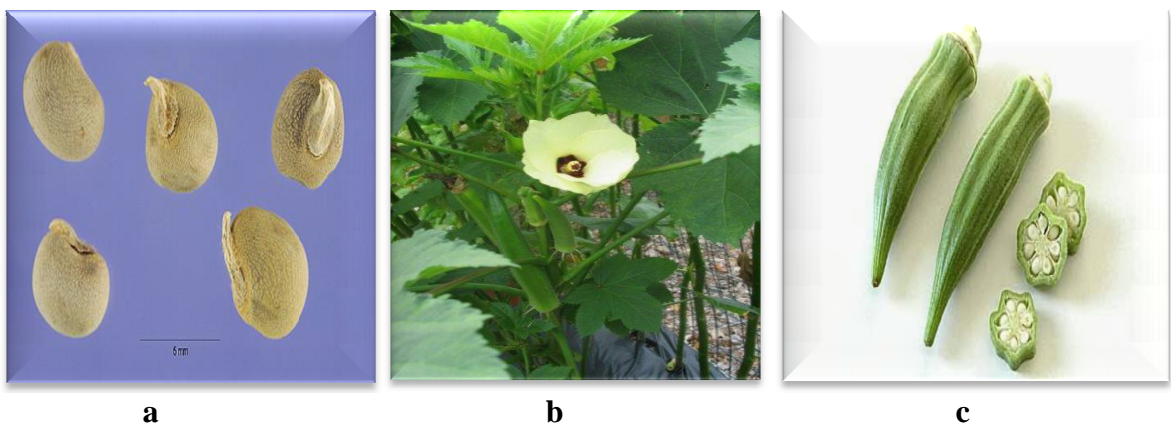
**Tableau 1-** Classification APG II, 2003 du gombo

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Malvales
Famille	Malvaceae
Genre	<i>Abelmoschus</i>
Espèce	<i>Abelmoschus esculentus</i> L.

### c. Description

Plante annuelle robuste, érigée, atteignant 4 m de haut, plus ou moins fortement ramifiée ;

- Tige cylindrique ;
- Feuilles simples, disposées en spirale, pétiolées, limbe le plus souvent palmatilobé à palmatipartite ;
- Fleurs axillaires, solitaires ou en grappe ; calice spathacé, de 2–6 cm de long ; 5 pétales libres, glabres, jaunes, virant souvent au rose après la floraison, avec un centre violet foncé ; étamines réunies en tube staminal jusqu'à 2,5 cm de long, blanches, glabres ; ovaire supère, style à 5–10 bras de 3–5 mm de long, stigmates violet foncé, avec des poils simples.



**Fig.5-** Le gombo : a- graines, b- plante en fleur, c- fruit

➤ Fruit : capsule érigée, cylindrique à pyramidale, de 5–25 cm × 1–5 cm, acuminée, à section ronde ou à 5–10 angles, concave entre les côtes, variant quand il est jeune d'une couleur rouge-violet et vert rougeâtre à vert foncé, et de vert pâle à jaune, complètement ou partiellement loculicide ou totalement indéhiscente, contenant jusqu'à 100 graines.

➤ Graines globuleuses à ovoïdes, de 3–6 mm de diamètre, avec de petites verrues en rangées concentriques ; Plantule à germination épigée.

#### d. Croissance et développement

Dans les conditions du sud du climat tropical, les cultivars locaux et introduits fleurissent dans un délai de 45–80 jours après le semis en saison sèche (semis en octobre : raccourcissement des jours), et de 55–105 jours après un semis en saison des pluies (semis en mars : période d'allongement des jours). La période de culture excède rarement 6 mois.

La floraison et la pollinisation se produisent tôt le matin. Bien que l'autopollinisation soit la règle, il peut y avoir un degré élevé de pollinisation croisée par les insectes. Pour l'utilisation en légume, les fruits sont cueillis environ une semaine après la floraison. En enlevant régulièrement les jeunes fruits, on obtient une croissance végétative et une floraison soutenues, ce qui prolonge la durée de la période productive.

En culture de semences, il faut environ un mois de la floraison à la maturation du fruit. Dans ce cas, la croissance végétative s'arrête peu après la floraison, tous les produits d'assimilation étant détournés vers les organes reproductifs de la plante.

#### e. Ecologie

*Abelmoschus esculentus* L nécessite des températures supérieures à 20°C pour avoir une croissance normale. Le pourcentage de germination et la rapidité de levée des semis sont optimaux à 30–35°C.

L'initiation florale et la floraison sont retardées à mesure que la température est élevée (corrélation positive entre température et nombre de nœuds végétatifs sur la tige).

*Abelmoschus esculentus* L est une plante de jours courts, mais sa large répartition géographique (jusqu'à des latitudes de 35–40°) indique qu'il y a des différences marquées entre cultivars à cet égard. L'initiation florale et la floraison sont peu affectées par la longueur du jour chez les cultivars subtropicaux répandus tels que 'Clemson Spineless' et 'Pusa Sawani'.

La plupart des cultivars tropicaux montrent des réponses quantitatives aux jours courts, mais on observe également des réponses qualitatives. La longueur de jour critique la plus courte observée est de 12 heures 30 minutes.

Le gombo commun tolère une grande diversité de sols, mais préfère les limons sableux bien drainés, de pH 6–7, riches en matière organique.

#### f. Intérêt socio-économique

Le gombo est une plante d'importance socio-économique certaine. Son originalité est que toutes les parties de la plante sont utiles soit dans l'alimentation, soit dans la médecine, dans l'artisanat ou dans l'industrie.

Ainsi, les racines contiennent un mucilage à usage médicinal. La tige est constituée de fibres qui sont utilisées localement pour la confection de cordes, de sacs, de paniers, de lignes de pêche et de pièges à gibier. Les fibres servent aussi dans l'industrie textile et dans

la fabrication de papier et de carton (SHAMSUL et ARIFUZZAMAN, 2007). Les feuilles sont parfois utilisées comme base de cataplasmes, comme émollient, sudorifique ou antiscorbutique et pour traiter la dysurie (SIEMONSMA et HAMON, 2004).

Mais le gombo est surtout cultivé pour ses fruits. Les jeunes fruits constituent en effet un légume utilisé dans presque toutes les sauces. Ils contiennent un mucilage ayant des propriétés variées de stabilisateurs des dispersions, substitut de plasma sanguin, fluidifiant des systèmes liquides et sanguins (MARIUS *et al.*, 1997).

**Tableau 2-** Valeur nutritive pour 100 g de gombo consommés (CHARRIER, 1983).

	Fruit	Feuilles
Matière sèche (g)	10.4	10
Energie (Kcal)	31	33
Protéine (g)	1,8	02
Calcium (mg)	90	70
Fer (mg)	01	01
Carotène (mg)	0,1	0,99
Thiamine (mg)	0,07	0,1
Riboflavine (mg)	0,08	0,1
Niacine (mg)	0,8	01
Vitamine C (mg)	18	25

Selon HAMON (1987), le gombo présente deux intérêts majeurs: sa teneur élevée en protéines, calcium et vitamines, permettant de pallier de nombreuses déficiences et la possibilité de l'envisager dans les projets de diversification alimentaire. Au regard de sa composition (Tableau 2), le gombo pourrait effectivement jouer un rôle essentiel dans la lutte contre la malnutrition.

Les graines de gombo constituent une source d'huile à usage comestible après raffinage. Après le pressage des graines, le tourteau contient 30% de protéines (MARIUS *et al.*, 1997). L'huile des graines de gombo est riche en protéines et en éléments minéraux comme le phosphore, le magnésium, le calcium et le potassium (NZIKOU *et al.*, 2006). Les graines torréfiées de gombo sont employées dans certaines régions comme substitut du café (SIEMONSMA et HAMON, 2004).

#### **g. Ressources génétiques**

Les variétés locales d'Afrique ne courent pas pour le moment un grand risque d'érosion génétique. Seuls les producteurs commerciaux ont tendance à passer à des cultivars commerciaux de gombo commun, tandis que les variétés locales des deux espèces sont généralisées en agriculture de subsistance.

Des études récentes sur la cytogénétique des gombos sont rares. Le nombre élevé de chromosomes des espèces cultivées les rendent particulièrement délicates.

Le nombre de chromosomes (2n) d'*Abelmoschus esculentus* L. (Moench) a été rapporté de façon variable par les différents auteurs (voir tableau en annexe). Le nombre de

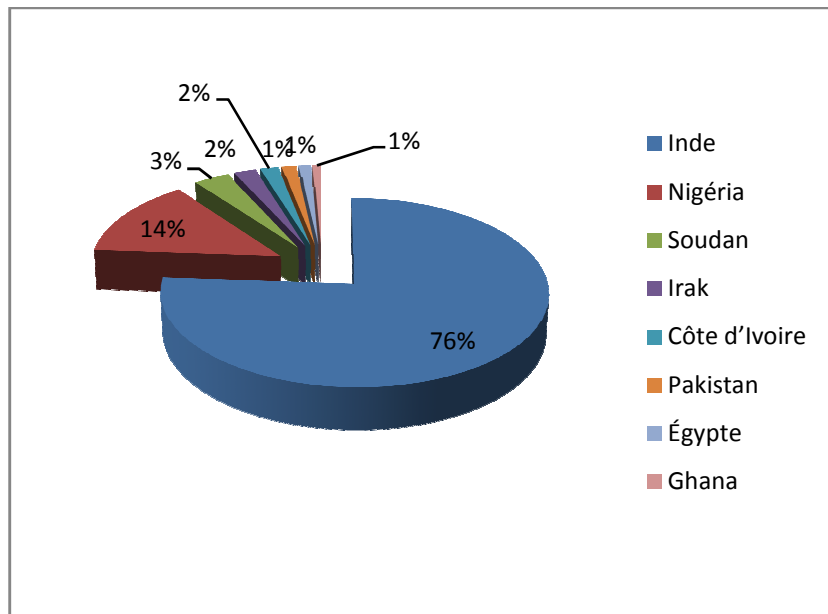


chromosomes somatiques le plus fréquemment observé, est  $2n = 130$ , bien que DUTTA et NAUG (1968) suggèrent que le nombre  $2n = 72, 108, 120, 132$  et  $144$  sont en série régulière de polyploïdes avec  $n = 12$ .

**h. Production**

Selon la FAO (2011), le premier producteur du gombo dans le monde est l'Inde (5884000 tonnes) ce qui représente 76% de la production mondiale suivie de Nigeria (1060620 tonnes) avec 14%, le soudan 3%, l'Irak et la Côte d'Ivoire 2%.

L'Egypte figure le septième producteur mondial du gombo après le Pakistan avec une production de 84041 tonnes.



**Fig.6-** Production du gombo dans le monde (FAO, 2011).



## CHAPITRE II

# Matériel et Méthodes

## CHAPITRE II – Matériel et méthodes

## I- Matériel végétal

## 1-Origine du matériel végétal

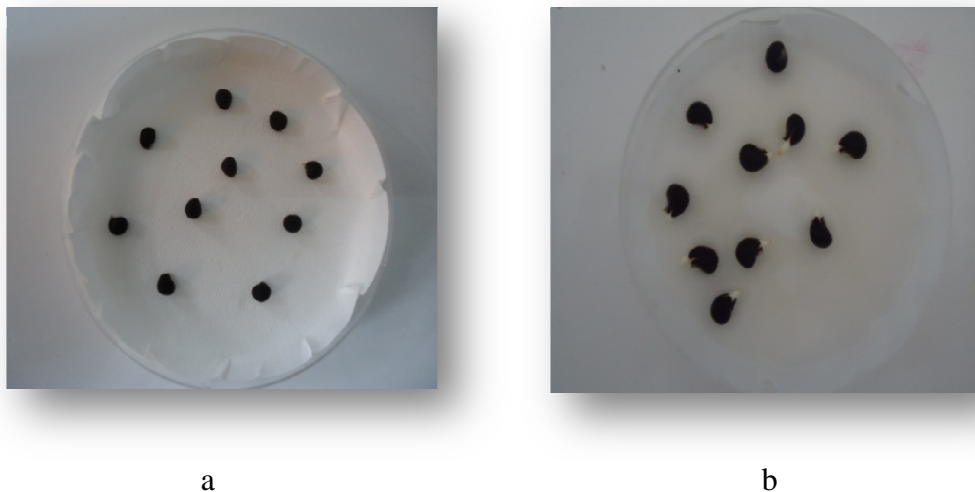
L'essai a été mené au laboratoire de physiologie végétale à l'université d'Oran. Les graines sont récoltées en juillet 2012 à partir de plantes de gombo cultivées sur une parcelle d'un terrain agricole situé dans la région de Sig .Mascara. Les graines sont mises au réfrigérateur pour lever leur dormance. Après ce séjour au froid d'environ 18 mois, les graines sont prélevées pour entamer les expérimentations.

## 2- Préparation des graines pour les tests de germination

Les graines sont désinfectées à l'hypochlorite de Sodium à 2 % pendant 3 minutes, puis rincées rigoureusement à l'eau distillée pour éliminer les traces de chlore.

Les graines sont ensuite séchées sur papier filtre stérile avant d'être déposées dans des boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre garnies de deux couches de papier filtre stérile.

Chaque essai porte sur 30 graines, soit 3 répétitions de 10 graines par boîte de Pétri. Dans chaque boîte de Pétri sont versées 10 ml d'eau distillée pour les graines témoins et le même volume des différentes solutions testées; cependant les différents mélanges (ABA/GA<sub>3</sub>; ABA/NaCl ; GA<sub>3</sub>/NaCl) sont obtenus avec l'association V/V. Les boîtes sont couvertes avec du parafilm afin de limiter l'évaporation.



**Fig.7-** a : Disposition des graines en boîte de Pétri ; b : photo indiquant la germination des premières graines.

Les boîtes de Pétri sont enfin mises dans une étuve à 28°C dotée d'un thermostat assurant une stabilité thermique convenable ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ), graduée d'une échelle de température variant de 0 – 250°C.

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm (SAYAR et *al.*, 2010) .

Quotidiennement, un comptage des graines germées est réalisé pendant une semaine.

Au cours des observations, nous avons pris le soin d’imbiber le milieu de culture en arrosant dès que nécessaire pour maintenir l’hydratation.



**Fig.8-** Répartition des boîtes de Pétri dans l’étuve

**Tableau 3-** Concentrations de sel et d’hormones utilisées dans les différents traitements

Na Cl	GA3		ABA	
100 mM	5 μM	10μM	5μM	10μM
5.84 g.l <sup>-1</sup>	0.0017 g.l <sup>-1</sup>	0.0034 g.l <sup>-1</sup>	0.0013 g.l <sup>-1</sup>	0.0026 g.l <sup>-1</sup>

**II- Méthodes**

Les paramètres retenus pour évaluer le comportement des graines au court de la germination sont appréciés à travers les méthodes suivantes :

**a- Précocité de germination**

En générale, chaque espèce dispose d’une précocité de germination spécifique à sa nature, car même placée dans les mêmes conditions expérimentales, le début d’apparition de la radicule à travers la membrane n’aura pas lieu en même temps chez toutes les graines (RENARD, 1975).

Ce paramètre est déterminé lorsque nous observons les premières graines germées. Dans ce cas, la précocité de la germination est exprimée par le taux des premières graines germées correspondant à l’intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées (BELKHODJA, 1996). Généralement la précocité de la germination correspond au pourcentage des graines germées après 24 h du semis.

**b- Estimation du taux de germination**

Sur la base du nombre total de graines utilisées (Nt), le pourcentage des graines en germination (Ni) est calculé selon la relation :

$$Tg = Ni \times 100 / Nt$$

(Tg : Taux de germination)

**c- Vitesse de germination**

Elle caractérise la variation dans le temps des taux de germination dès l'apparition de la première pointe de la radicule d'une des graines jusqu'à la stabilité de la germination. Elle peut s'exprimer par :

- Le taux de germination obtenu à un moment donné.
- Le temps nécessaire à l'obtention de 50% de germination.
- Le coefficient de vélocité (Cv) proposé par KOTOWSKI (1926) avec un temps moyen de germination (Tm).

$$Cv = (N1 + N2 + N3 + \dots + Nn / N1T1 + N2T2 + N3T3 + \dots + NnTn) \times 100$$

$$Tm = N1T1 + N2T2 + N3T3 + \dots + NnTn / N1 + N2 + N3 + \dots + Nn$$

N1 : Nombre de graines germées au temps T1

N2 : Nombre de graines germées au temps T2

N3 : Nombre de graines germées au temps T3

Nn : Nombre de graines germées au temps Tn

TIMPSON (1965) a proposé de calculer la vitesse de germination par la somme des pourcentages partiels obtenus.

$$Zn = N1 + N2 + N3 + \dots + Nn$$

N1, N2, N3, ..., Nn représentent les pourcentages de graines germées après 1 jour, 2 jours, 3 jours, ..., n jours.

Nous avons retenu la formule de KOTOWSKI consistant à calculer le Coefficient de Vélocité et le Temps moyen de germination.

**d- Cinétique de la germination**

Elle correspond à la courbe de l'évolution du taux quotidien cumulé de germination pendant une période de 7 jours calculé sur la base du nombre de graines nouvellement germées à chaque observation. (HAJLAOUI *et al.*, 2007).

**e- Taux final de germination**

Ce taux est obtenu par l'addition des taux quotidiens des graines germées dès le début jusqu'à la fin de la germination.

**f- La longueur de la radicule**

La longueur de la radicule des plantules âgées de 7 jours est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse.

**g- Teneur moyenne en eau (TME %)**

Les teneurs en eau des plantules sont déterminées par le calcul du poids frais (PF) des plantules avant de les mettre à sécher dans l'étuve à 80°C pendant 48 heures. Le poids sec est ensuite déterminé (PS) et la teneur en eau est calculée par la formule de (MONNEVEUX, 1991)

$$\mathbf{TE} = \frac{PF - PS}{PF} \times 100$$



**Fig. 9-** a : poids frais des plantules; b : séchage des plantules à l'étuve

#### **h- Traitement statistique**

Les résultats obtenus sur trois répétitions à raison de dix graines par boîte de Pétri sont statistiquement analysés à l'aide du test de Fisher au seuil de signification de 5% suivis par une analyse de corrélation pour évaluer l'effet de la salinité et des hormones (GA3 et ABA), en utilisant le logiciel SPSS version 17.00.



# CHAPITRE III

## Résultats

[Clicours.COM](https://www.clicours.com)

## CHAPITRE III – Résultats

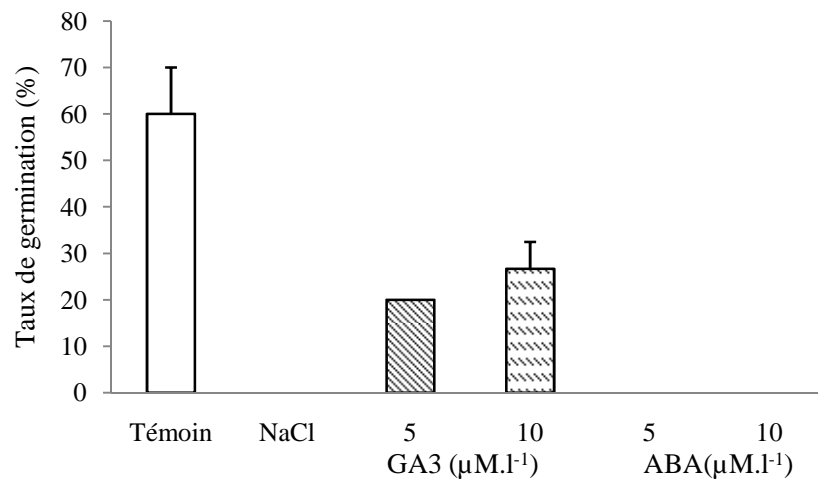
## I – ACTION COMBINÉE NaCl-HORMONE SUR LA GERMINATION DES GRAINES DU GOMBO

## a. Précocité de la germination

La figure 10 montre les variations des taux des premières graines germées stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence de GA3 et d'ABA.

En absence de NaCl, les graines témoins sont les plus précoces avec un taux de 60% de graines germées dès le 1<sup>er</sup> jour du semis (soit après 24 h).

Les graines exposées au NaCl ne réagissent pas, alors que lorsqu'elles reçoivent le GA3 soit à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  ou à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  dans la solution saline, la germination démarre avec des taux respectifs très bas de 20 % et 26,66 % par rapport aux graines témoins.



**Fig.10-** Précocité de la germination des graines (%) du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Par contre les graines stressées à la solution saline additionnée à l'ABA n'affichent aucune germination sous les deux concentrations hormonales.

**Tableau 4-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de la précocité de la germination des graines du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

	Témoin	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$				
		NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
% de germination	$60 \pm 10$	0 S	20 S	$26,6 \pm 5,77$ S	0 S	0 S

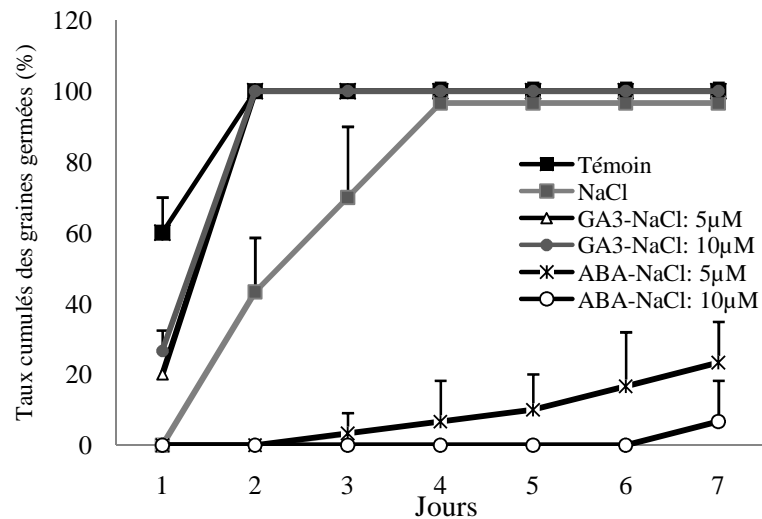
**S :** effet significatif des différents traitements utilisés



L'analyse statistique (tableau 4) à l'aide du test de Fisher à  $P = 5\%$  montre un effet significatif ( $P = 0,00$ ) du NaCl seul ou associé aux hormones par rapport au témoin sur la précocité de la germination des graines du gombo.

### b. Cinétique de la germination

La figure 11 présente l'évolution de la germination des graines du gombo en fonction du temps pour l'ensemble des traitements.



**Fig. 11-** Cinétique de la germination des graines (%) du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

Les courbes montrent que la cinétique de la germination varie distinctement avec les traitements utilisés. En effet, les graines témoins et celles recevant le GA3 à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  associé au NaCl à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  germent dès le 1<sup>er</sup> jour du semis (soit après 24 h) avec des taux respectifs de 60%, 20% et 26,66%. Ensuite, la germination s'achève jusqu'au deuxième jour avec un taux final de 100% de graines germées.

Les graines traitées au NaCl évoluent lentement jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour pour atteindre un taux de 93,33% au bout du 4<sup>ème</sup> jour du semis.

Tandis que les graines traitées à l'ABA à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  associé au sel, ne germent qu'au bout du 3<sup>ème</sup> jour avec un taux relativement bas soit 3,33% pour suivre une évolution lente et arriver à un taux final peu significatif soit de 23,33%

Alors que le traitement à l'ABA à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  associé au NaCl retarde considérablement la germination des graines du gombo présentant le plus long délai de germination soit de 7 jours avec un pourcentage de levée très minime soit 6,66%.

Il faut souligner que l'expérimentation a été prolongée jusqu'au 14<sup>ème</sup> jour après le semis mais aucun changement dans le taux de germination n'a été observé.

Le test statistique de Fisher sur la cinétique de germination (au tableau 5) montre l'effet significatif de l'évolution de la germination pour le premier jour sous tous les traitements.

**Tableau 5-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de la cinétique de la germination (%) des graines du gombo stressées avec  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

		NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$				
	Témoin	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
1	60±10	0 S	20 S	26,66±5,77 S	0 S	0 S
2	100	43,33±15,27 S	100 NS	100 NS	0 S	0 S
3	100	70±20 S	100 NS	100 NS	3,33±5,77 S	0 S
4	100	96,66±5,77 NS	100 NS	100 NS	6,66±11,54 S	0 S
5	100	96,66±5,77 NS	100 NS	100 NS	10±10 S	0 S
6	100	96,66±5,77 NS	100 NS	100 NS	16,66±15,27 S	0 S
7	100	96,66±5,77 NS	100 NS	100 NS	23,33±11,54 S	6,66±11,54 S

NS : effet non significatif

S : effet significatif des différents traitements utilisés

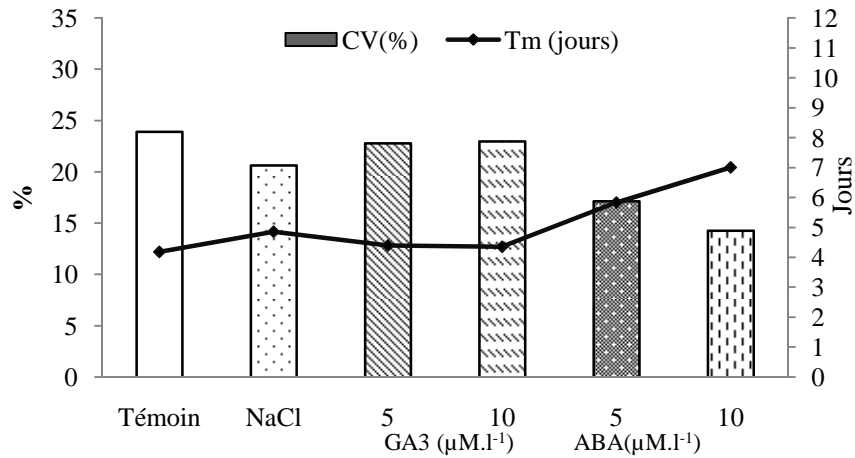
Par contre dès le deuxième jour, aucun effet significatif sur la cinétique de la germination sous les GA3 associées au chlorure de sodium ne se révèle. Au contraire, les graines soumises à l'ABA associé au NaCl répondent de manière hautement significative par rapport au témoin. Néanmoins, les différences dans la germination des graines n'apparaissent pas lorsque le chlorure de sodium est apporté à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  seul à partir du 4ème jour du traitement.

### c. Vitesse de germination

La figure 12 indique que le coefficient de vélocité le plus élevé est celui des graines témoin (23,33%) suivi par celui des graines soumises au traitement GA3 à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  additionné au NaCl avec des vitesses respectives de 22,98% et 22,79%. Alors que ce coefficient de vélocité chute à 20,63% chez les graines exposées au NaCl seul.

En revanche, le NaCl enrichi à l'ABA, déclenche un ralentissement de la vitesse de germination, soit de 17,14 et 14,28 % respectivement sous l'effet des deux concentrations d'ABA :  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ .

Pour ce qui est du temps moyen de germination ( $T_m$ ), il en résulte que le temps le plus court est enregistré pour les graines témoins (4,18 jours).



**Fig.12-** Coefficient de vélocité (cv) et temps moyen ( $T_m$ ) de la germination des graines du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d’hormones végétales.

Au contraire le  $T_m$  le plus long est noté chez les graines recevant une association d’ABA/NaCl à une concentration de  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d’ABA soit un  $T_m$  de 7jours.

**Tableau 6-** Coefficients de vélocité (Cv) et temps moyens de la germination ( $T_m$ ) des graines du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d’hormones végétales.

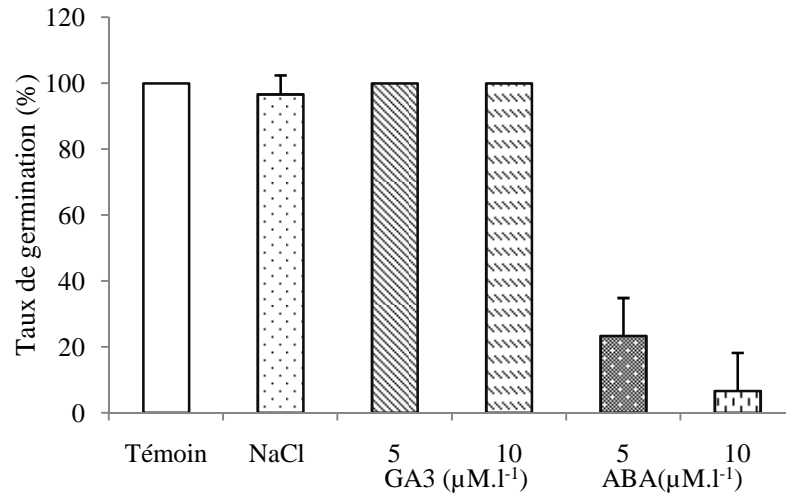
	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$					
	Témoins	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
CV(%)	23,91	20,63	22,79	22,98	17,14	14,28
$T_m$ (jours)	4,18	4,85	4,39	4,35	5,83	7

**d. Taux finaux de germination**

Les résultats de la figure 13 indiquent que le taux final de la germination est maximal (100%) pour les graines témoins et pour celles recevant un traitement associé de GA3/NaCl, alors qu’il est légèrement inférieur chez les graines stressées au NaCl seul, soit un taux de 93,33%.

Par contre les taux finaux les plus faibles sont enregistrés chez les graines soumises à un traitement combiné ABA/NaCl pour les concentrations  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d’ABA soit des taux respectifs de 23,33 % et 6,66 %.

Donc il faut remarquer que l'association ABA/NaCl diminue le pourcentage final des graines germées.



**Fig. 13-** Taux finaux (%) de la germination des graines du gombo stressées au NaCl en présence de GA3.

L'analyse statistique (tableau 7) à l'aide du test de Fisher à P = 5 % montre un effet non significatif (P = 0,00) du traitement au NaCl à 100 mM.l<sup>-1</sup> et en association avec les gibbérellines par rapport au témoin sur le taux final de germination.

**Tableau 7-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du taux final de la germination des graines du gombo stressées à 100 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl en présence d'hormones végétales.

		NaCl 100 mM.l <sup>-1</sup>				
	Témoin	NaCl 100 mM.l <sup>-1</sup>	GA3 5 μM.l <sup>-1</sup>	GA3 10 μM.l <sup>-1</sup>	ABA 5 μM.l <sup>-1</sup>	ABA 10 μM.l <sup>-1</sup>
% de germination	100	96,66±5,77 NS	100 NS	100 NS	23,33±11,54 S	6,66±11,54 S

En revanche, l'application du traitement ABA/NaCl révèle un effet hautement significatif sur le taux final de la germination des graines du gombo par rapport au témoin.

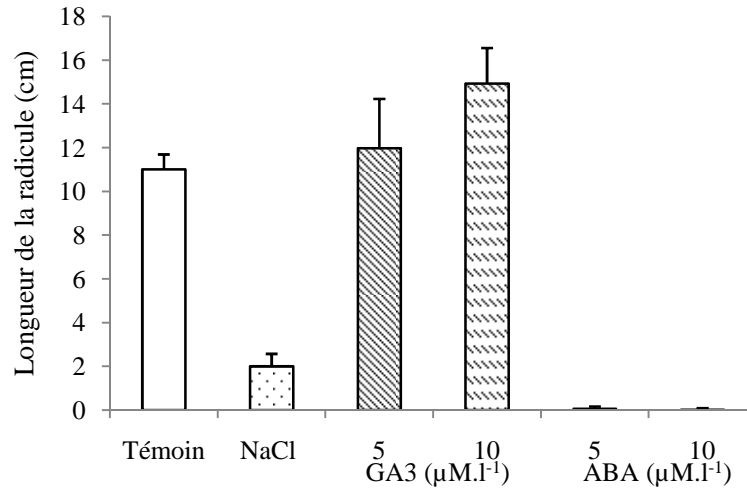
**e. Longueur de la racicule**

La figure 14 montre les variations de la longueur de la racicule en fonction des différents traitements utilisés.

Le traitement au GA3 à la concentration 10 μM.l<sup>-1</sup> associé au NaCl montre un effet positif sur la croissance raciculaire avec une longueur de 14,9 cm, suivi par celui des graines recevant une concentration de 5 μM.l<sup>-1</sup> de GA3 et des graines témoins avec des longueurs respectives de 11,97 cm et 11 cm.

Les graines stressées au NaCl à 100 mM.l<sup>-1</sup> ont enregistré une croissance racinaire moins importante avec une longueur moyenne ne dépassant pas les 2 cm.

Or, les graines soumises au traitement ABA/NaCl ne révèlent aucune croissance racinaire après la germination soit une longueur moyenne de 0,06 cm et 0,02 cm pour des concentrations respectives en ABA de 5 µM.l<sup>-1</sup> et 10 µM.l<sup>-1</sup>.



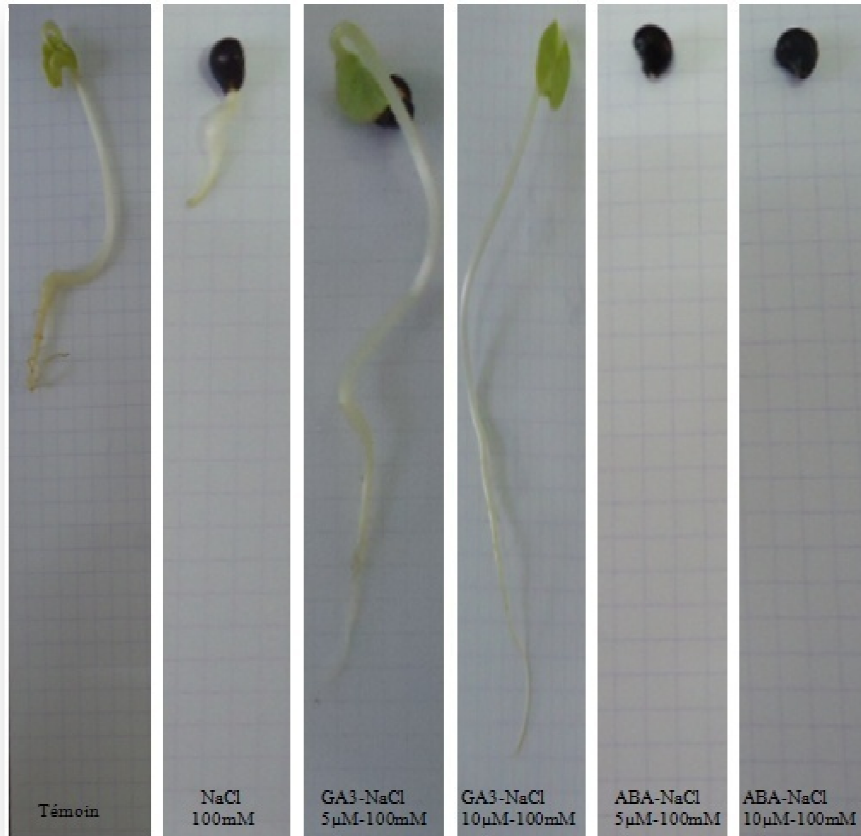
**Fig. 14-** Longueur racinaire (cm) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl en présence d’hormones végétales.

Il faut noter que l’application du traitement associé ABA/NaCl inhibe la croissance racinaire des graines du gombo.

**Tableau 8-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la longueur racinaire (cm) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl en présence d’hormones végétales.

	NaCl 100 mM.l <sup>-1</sup>					
	Témoin	NaCl 100 mM.l <sup>-1</sup>	GA3 5 µM.l <sup>-1</sup>	GA3 10 µM.l <sup>-1</sup>	ABA 5 µM.l <sup>-1</sup>	ABA 10 µM.l <sup>-1</sup>
Longueur de la racicule (cm)	11±0,68	2±0,57 S	11,97±2,26 NS	14,9±1,6 S	0,066±0,1 S	0,02±0,06 S

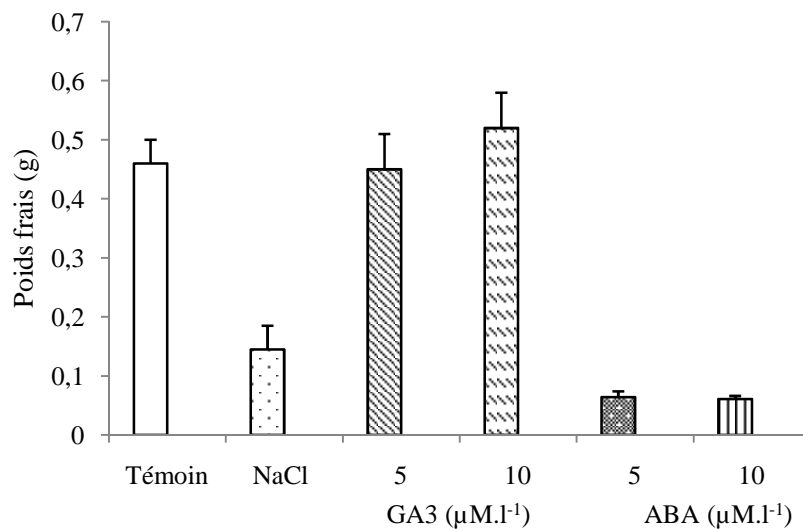
L’analyse des résultats (tableau 8) montre un effet significatif des différents traitements utilisés sur la longueur de la racicule, sauf pour le lot recevant du GA3 à 5µM.l<sup>-1</sup> associé au sel.



**Fig.15-** Photos représentant la longueur des racines des plantules du gombo stressées au NaCl en présence du GA3 et de l’ABA exogènes après 164 h d’imbibition.

**f. Poids frais**

D’après la figure 16, il faut remarquer que les traitements utilisés influent sur le poids frais des plantules. En effet, le poids frais est plus important chez les graines traitées avec du GA3 à 10 µM.l<sup>-1</sup> associé au NaCl, soit un PF de 0,58 g.



**Fig.16-** Poids frais (g) des plantules du gombo stressées à 100 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl en présence d’hormones végétales.

En parallèle, les graines témoins et les graines recevant le GA3 à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  combiné au NaCl présentent un poids frais presque identique à celui du témoin (0,46 pour 0,45 g).

Par contre il est à observer que le poids frais le plus faible est enregistré chez les graines recevant un traitement à l'ABA (à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) associé au NaCl avec des poids respectifs de 0,064 g et 0,061 g sous ces deux concentrations.

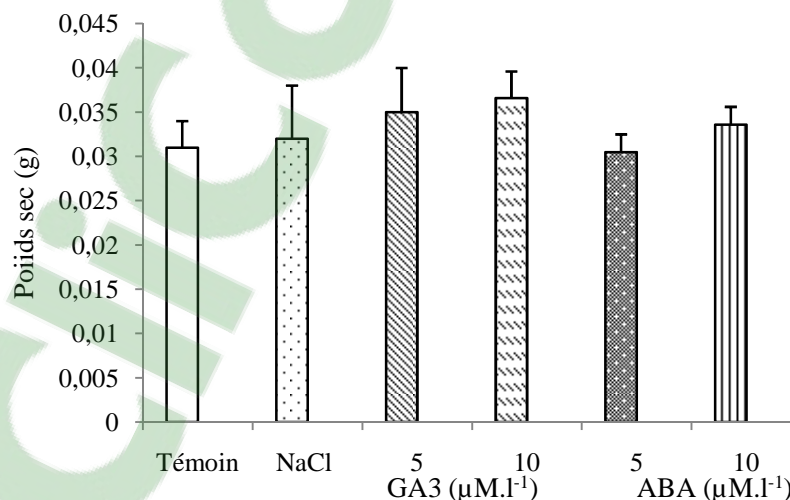
**Tableau 9-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) du poids frais (g) des plantules du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

	Témoin	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$				
		NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
Poids frais (g)	$0,46 \pm 0,04$	$0,14 \pm 0,04$ S	$0,45 \pm 0,06$ NS	$0,5 \pm 0,06$ NS	$0,06 \pm 0,01$ S	$0,06 \pm 0,005$ S

L'analyse statistique (tableau 9) à l'aide du test de Fisher à  $P = 5\%$  ne montre aucune différence significative du traitement aux gibbérellines associées au NaCl sur le poids frais des plantules du gombo. Par contre dès l'application du chlorure de sodium seul ou en association avec l'ABA une différence hautement significative se révèle.

#### a. Poids sec

D'après la figure 17, il faut signaler que le poids sec ne semble pas influencé par les différents traitements. En effet, le poids sec des plantules varie entre 0,03 g et 0,036g.



**Fig.17-** Poids sec (g) des plantules du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

L'analyse statistique à l'aide du test de Fisher à  $P=5\%$  ne montre aucun effet significatif des différents traitements utilisés par rapport au témoin sur le poids sec des plantules du gombo.

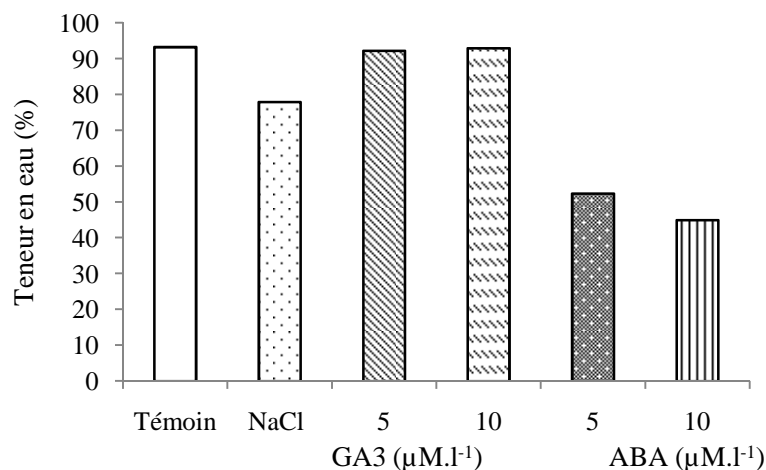
**Tableau 10-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) du poids sec (g) des plantules du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

		NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$				
	Témoin	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
Poids sec (g)	$0,03 \pm 0,003$	$0,03 \pm 0,006$ NS	$0,035 \pm 0,005$ NS	$0,036 \pm 0,003$ NS	$0,03 \pm 0,002$ NS	$0,03 \pm 0,002$ NS

### b. Teneur en eau

La figure 18 montre que les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez le témoin et le traitement à l'acide gibbérellique associé au chlorure de sodium, avec une valeur maximale de  $93,26\%$  chez le témoin suivie d'une teneur moyenne en eau de  $77,93\%$  chez les graines recevant du NaCl à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$ . L'application du traitement à l'ABA ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) combiné au NaCl, est accompagnée d'une diminution de la teneur en eau soit  $52,34\%$  et  $44,92\%$  respectivement.

Il faut souligner que l'application du stress salin en association à l'ABA diminue fortement la teneur en eau des plantules du gombo.



**Fig.18-** Teneur en eau (%) des plantules du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.



L'analyse statistique (tableau 11) à l'aide du test de Fisher à  $P = 5\%$  ne montre aucune différence significative du traitement aux gibbérellines associées au NaCl en comparant avec les graines témoins sur la teneur en eau.

**Tableau 11-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de teneur en eau (%) des plantules du gombo stressées à  $100 \text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl en présence d'hormones végétales.

	Témoin	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$	NaCl $100 \text{ mM.l}^{-1}$			
			GA3 $5 \text{ } \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \text{ } \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \text{ } \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \text{ } \mu\text{M.l}^{-1}$
Teneur en eau (%)	93,26	77,93 S	92,22 NS	92,96 NS	52,34 S	44,92 S

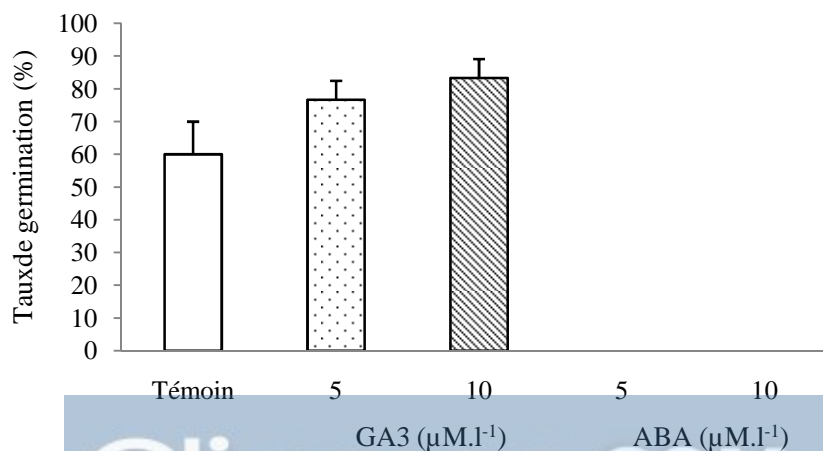
Par contre dès l'application du NaCl seul ou en association avec l'ABA une différence significative se révèle.

## II – ACTION HORMONALE SUR LA GERMINATION DES GRAINES DU GOMBO

### a. précocité de la germination

La figure 19 montre les variations des taux des premières graines germées selon la concentration en GA3 et ABA.

Les premières graines germées apparaissent dès le 1er jour du semis (soit après 24 h) pour les graines témoins et celles traitées aux gibbérellines. Il faut remarquer que le taux de germination augmente considérablement avec l'application des gibbérellines avec des taux respectifs de 76,66% et 83,33% sous les traitements à  $5 \text{ } \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \text{ } \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3. Pour les graines témoins, le taux des premières graines germées arrive à 60% seulement.



**Fig.19-** Précocité de la germination des graines (%) du gombo en présence d'hormones végétales.

Par contre les graines soumises à l'ABA n'affichent aucune germination ; il faut noter dans ce cas que ce n'est qu'au deuxième jour après le semis en boîte de Pétri que les graines se manifestent avec un taux relativement bas de 23.33 % sous l'ABA 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  et 13.33 % sous ABA 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$ .

**Tableau 12-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de la précocité de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoin	GA3 5 $\mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 10 $\mu\text{M.l}^{-1}$	ABA 5 $\mu\text{M.l}^{-1}$	ABA 10 $\mu\text{M.l}^{-1}$
% de germination	60 $\pm$ 10	76,66 $\pm$ 5,77 S	83,33 $\pm$ 5,77 S	0 S	0 S

L'analyse statistique (tableau 12) à l'aide du test de Fisher à  $P = 5\%$  montre un effet significatif ( $P = 0,00$ ) des différents traitements utilisés par rapport au témoin sur la précocité de la germination des graines du gombo.

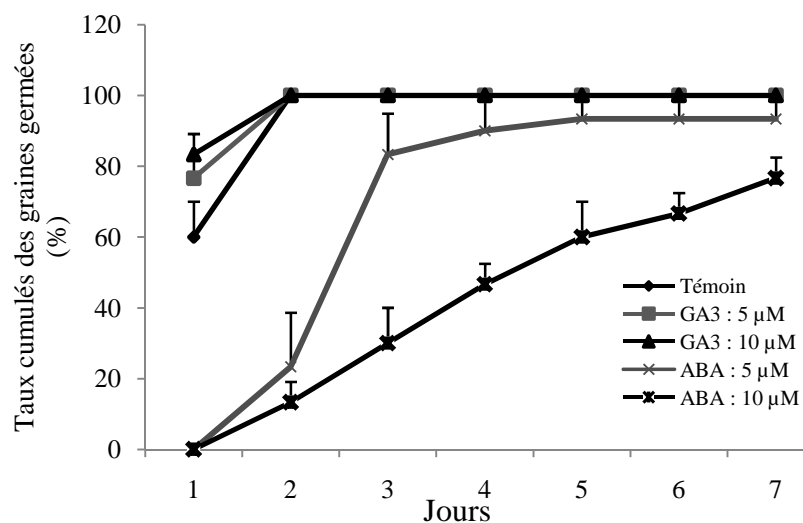
### b. Cinétique de germination

La figure 20 présente l'évolution de la germination des graines du gombo en fonction du temps (7jours) pour l'ensemble des traitements.

L'analyse des courbes de germination montre l'existence de trois phases dans la cinétique de germination :

➤ Une première phase de latence de très courte durée, nécessaire à l'apparition des premières germinations ; il est possible de remarquer que cette phase est absente chez les graines témoins et celles irriguées à 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  et 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3.

Dès le premier jour, le taux le plus élevé (83,33%) est observé chez le lot recevant une concentration de 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3, suivi de celui des graines arrosées à 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 (76,66%) et un taux de 60% de graines germées pour le lot témoin.



**Fig. 20-** Cinétique de la germination des graines (%) du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Néanmoins, les graines exposées à l'ABA ne réagissent qu'au bout du deuxième jour du semis avec un taux relativement bas de 23,33 % sous l'ABA à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  pour chuter à 13,33% chez les graines traitées à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ .

➤ Une deuxième phase exponentielle où l'on assiste à une accélération de la germination. L'évolution de cette dernière se stabilise dès le 2ème jour pour le lot témoin et pour celui recevant un traitement au GA3 avec un taux maximal de 100%.

En revanche le taux des graines traitées à l'ABA reste moyen et se stabilise dès le 6ème jour (93,33%) pour le lot recevant  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA et suit une évolution exponentielle lente pour les graines nourries à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA pour arriver à un taux final de 76,66%.

➤ Une troisième phase caractérisée par un palier indiquant un arrêt de la germination représentant le pourcentage final de la germination et traduisant la capacité germinative de chaque lot et pour chaque traitement. Il faut souligner que le taux le plus bas est celui du lot de graines recevant la concentration la plus élevée en ABA.

**Tableau 13-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de la cinétique de la germination (%) des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Jours	Traitements				
	Témoin	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
1	60±10	76,66±5,77 S	83,33±5,77 S	0 S	0 S
2	100	100 NS	100 NS	23,33±15,27 S	13,33±5,77 S
3	100	100 NS	100 NS	83,33±11,54 S	30±10 S
4	100	100 NS	100 NS	90±10 S	46,66±5,77 S
5	100	100 NS	100 NS	93,33±5,77 NS	60±10 S
6	100	100 NS	100 NS	93,33±5,77 NS	66,66±5,77 S
7	100	100 NS	100 NS	93,33±5,77 NS	76,66±5,77 S

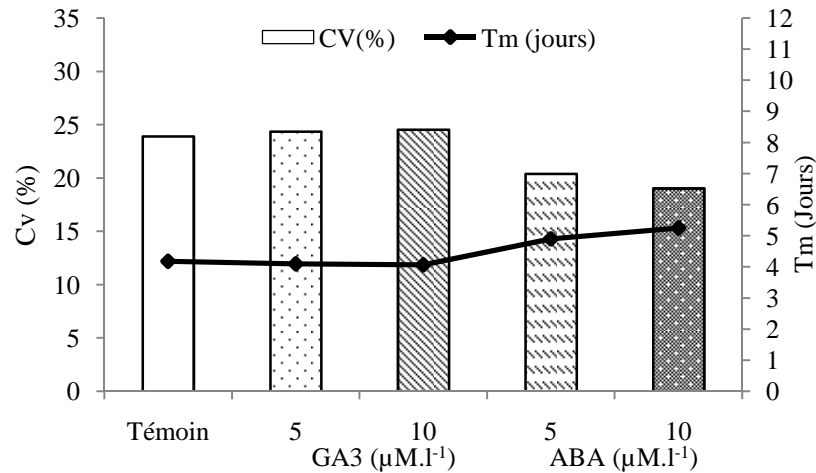
Le test statistique de Fisher sur la cinétique de la germination représenté au tableau 13 montre l'effet significatif de l'évolution de la germination pour le premier jour concernant tous les traitements.

Par contre dès le deuxième jour, aucun effet significatif sur la cinétique de la germination sous les GAs ne se révèle. Au contraire, les graines soumises à l'ABA sous la concentration de  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  répondent de manière hautement significative par rapport au témoin. Néanmoins, les différences dans la germination des graines n'apparaissent pas lorsque l'ABA est apporté à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  à partir du 5ème jour du traitement.

### c. Vitesse de la germination

Comme le montre la figure 21, le coefficient de vélocité le plus élevé est celui des graines recevant un traitement aux GA3 (24,55 % et 24,37 %) pour les concentrations respectives de  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$ , alors qu'il est légèrement inférieur chez les graines témoins (23,91%).

Dès l'application du traitement à l'ABA ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ), un ralentissement de la vitesse de germination est enregistré, soit de 20,4 et 19,04 % respectivement.



**Fig.21-** Coefficient de vélocité (cv) et temps moyen (Tm) de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Pour ce qui est du temps moyen de germination (Tm), il en résulte que le temps le plus court est enregistré chez les graines traitées aux GA3 à la concentration  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  (4,07jours).

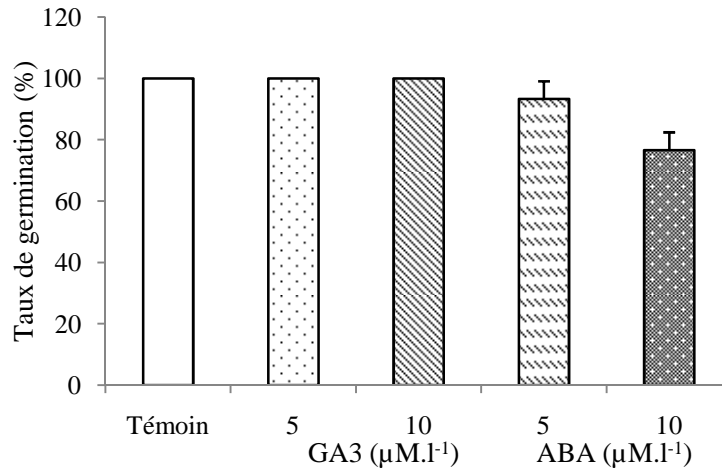
**Tableau 14-** Coefficients de vélocité (Cv) et temps moyens de la germination (Tm) des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoins	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
CV(%)	23,91	24,37	24,55	20,4	19,04
Tm (jours)	4,18	4,10	4,07	4,90	5,25

Par contre les graines traitées à l'ABA présentent un Tm plus supérieur, soit de 5,25 jours à la concentration  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ . Donc il faut noter que l'application de l'ABA provoque une augmentation du temps moyen de la germination.

#### d. Taux finaux de la germination

Les résultats de la figure 22 indiquent que le taux final de germination et maximal (100%) pour les graines témoins et pour celles arrosées à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 exogène. Alors qu'il est de 93,33% pour les graines recevant un traitement à l'ABA à la concentration  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$ .



**Fig. 22-** Taux finaux (%) de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Le taux le plus faible est enregistré chez les graines recevant  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA exogène, soit de 73,33%.

L'analyse statistique (tableau 15) à l'aide du test de Fisher à  $P = 5\%$  montre un effet non significatif des différents traitements utilisés par rapport au témoin sauf pour le traitement à  $10 \mu\text{M}$  d'ABA.

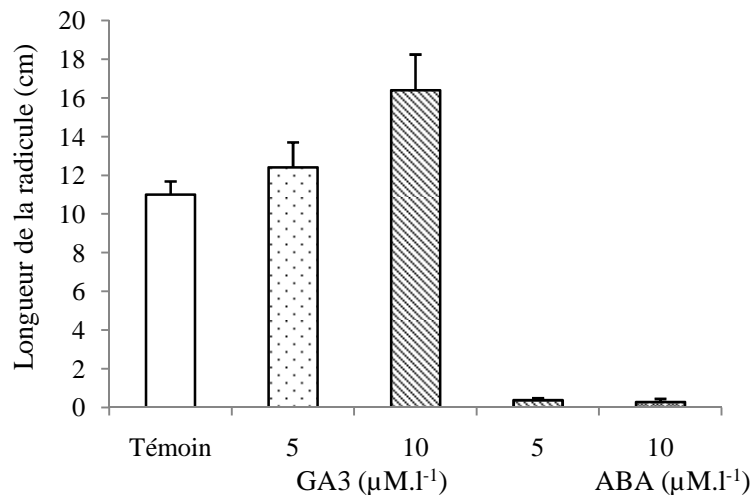
**Tableau 15-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) du taux final de la germination des graines du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoin	GA3 $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5 \mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10 \mu\text{M.l}^{-1}$
% de germination	100	100 NS	100 NS	93,33±5,77 NS	76,66±5,77 S

### e. Longueur de la racicule

L'observation de la taille de la racicule met en évidence l'effet hormonal sur sa croissance.

Comme le montre la figure 23, l'acide gibbérellique a un effet positif sur l'élongation de la racicule des graines du gombo avec une longueur moyenne de 16,4 cm à la concentration 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  et 12,42 cm à 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$ . En parallèle le témoin affiche une longueur moyenne de 11 cm.



**Fig. 23-** Longueur racinaire (cm) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Par ailleurs, l'acide abscissique affecte négativement l'allongement de la racicule en ralentissant sa croissance quotidienne avec une longueur moyenne ne dépassant pas les 4mm.

**Tableau 16-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la longueur racinaire (cm) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoin	GA3 5 $\mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 10 $\mu\text{M.l}^{-1}$	ABA 5 $\mu\text{M.l}^{-1}$	ABA 10 $\mu\text{M.l}^{-1}$
Longueur de la racicule (cm)	11±0,68	12,42±1,29 NS	16,4±1,85 S	0,38±0,11 S	0,29±0,16 S

L'analyse des résultats (tableau 16) montre un effet hautement significatif des différents traitements utilisés, sauf pour le lot recevant du GA3 à 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  qui révèle un effet non significatif par rapport au témoin sur la longueur de la racicule.

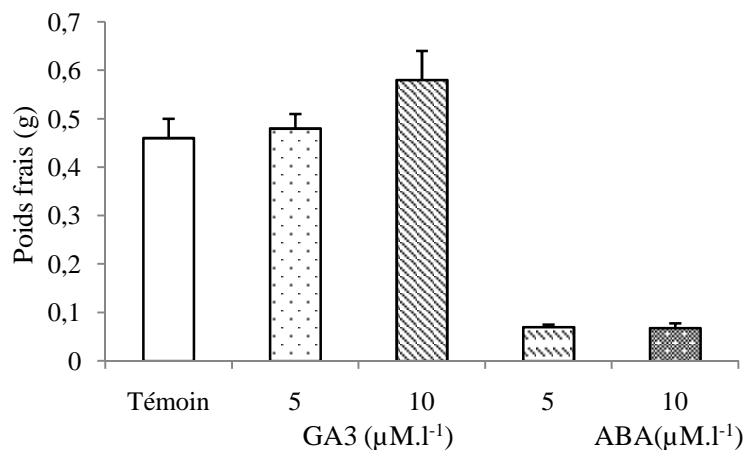


**Fig.24-** Photos représentant la longueur des racines des plantules du gombo traitées au GA3 et à l'ABA exogènes après 164h d'imbibition.

#### f. Poids frais

D'après la figure 25, on remarque que les deux traitements hormonaux influents sur le poids frais des plantules.

En effet, le poids frais est plus important chez les graines traitées avec du GA3 à la concentration  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ , soit de 0,58 g. En parallèle, les graines témoins et les graines recevant  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 présentent un poids frais presque identique (0,46g et 0,48g respectivement).



**Fig.25-** Poids frais (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Par contre les graines exposées à l'ABA enregistrent un poids frais relativement bas, soit de 0,07g.

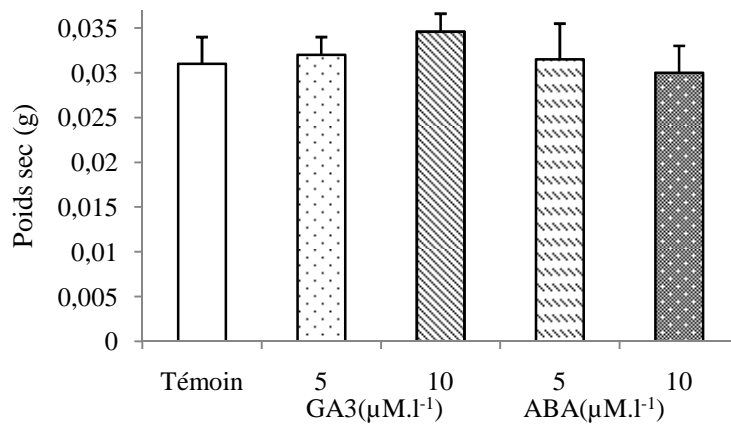
**Tableau 17-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du poids frais (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoin	GA3 5µM.l <sup>-1</sup>	GA3 10µM.l <sup>-1</sup>	ABA 5µM.l <sup>-1</sup>	ABA 10µM.l <sup>-1</sup>
Poids frais (g)	0,46±0,04	0,48±0,03 NS	0,58±0,06 S	0,07±0,005 S	0,07±0,01 S

L'analyse statistique (tableau 17) à l'aide du test de Fisher à P = 5% montre un effet non significatif du traitement au GA3 à 5 µM.l<sup>-1</sup> alors qu'il est significatif concernant les autres traitements sur le poids frais des plantules par rapport au témoin.

**g. Poids sec**

D'après la figure 26 il faut remarquer que le poids sec ne semble pas influencé par les différents traitements. En effet, le poids sec des plantules oscille entre 0,03g et 0,035g.



**Fig.26-** Poids sec (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

L'analyse statistique révèle donc un effet non significatif des différents traitements sur le poids sec par rapport au témoin.

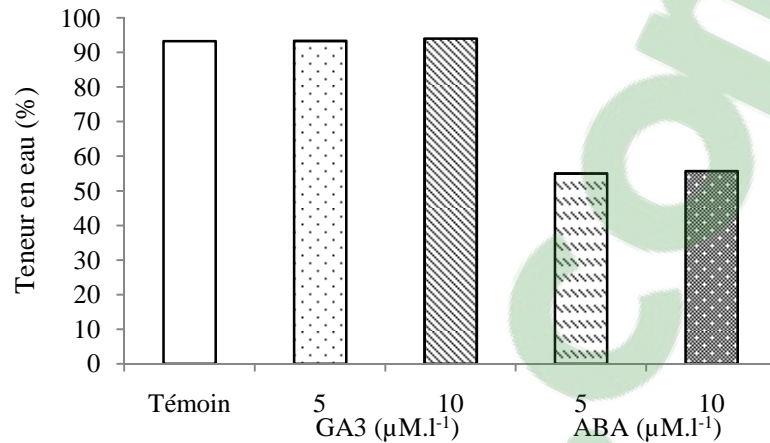
**Tableau 18-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du Poids sec (g) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoin	GA3 5µM.l <sup>-1</sup>	GA3 10µM.l <sup>-1</sup>	ABA 5µM.l <sup>-1</sup>	ABA 10µM.l <sup>-1</sup>
Poids sec (g)	0,031±0,003	0,032±0,002 NS	0,035±0,002 NS	0,031±0,004 NS	0,03±0,003 NS



### h. Teneur en eau

La figure 27 montre que les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez graines témoins et celles traitées à l'acide gibbérellique avec une valeur maximale de 94,03% chez les graines recevant du GA3 à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ .



**Fig.27-** Teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

L'application du traitement à l'ABA ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) s'accompagne d'une diminution de la teneur en eau soit 55 % et 55,68 %, respectivement.

**Tableau 19-** Teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence de GA3 et d'ABA exogènes.

Traitements	Témoin	GA3 $5\mu\text{M.l}^{-1}$	GA3 $10\mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $5\mu\text{M.l}^{-1}$	ABA $10\mu\text{M.l}^{-1}$
Teneur en eau (%)	93,26	93,33 NS	94,03 NS	55 S	55,68 S

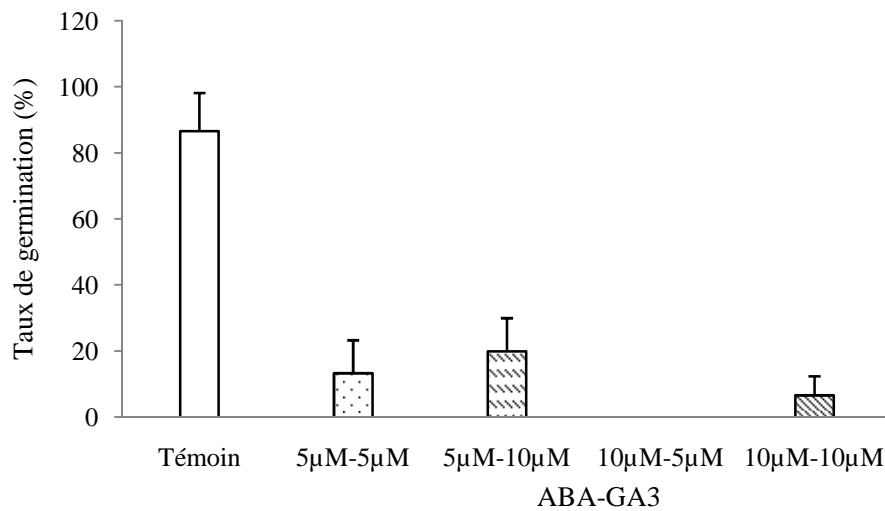
L'analyse statistique (tableau 19) à l'aide du test de Fisher à  $P = 5 \%$  montre un effet non significatif chez le lot recevant un traitement aux gibbérellines par rapport au témoin sur la teneur en eau alors qu'il est hautement significatif chez le lot traité à l'ABA.

### III- ACTION HORMONALE COMBINÉE GA3-ABA SUR LA GERMINATION DES GRAINES DU GOMBO

#### a. précocité de la germination

La figure 28 montre que les différentes associations hormonales influent sur la précocité de la germination des graines du gombo.

En effet, la majorité des graines germent dès le premier jour mais avec des taux différents; les graines témoins présentent le taux le plus élevés avec 86,66 % de graines germées, alors que ce taux chute à 20 % chez les graines recevant la concentration la plus élevée en GA3 en présence de 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA et seulement 13,33 % des graines sont germées chez les graines nourries à une concentration de 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de chaque hormone.



**Fig.28-** Précocité de la germination des graines (%) du gombo en présence d'hormones végétales.

Le taux le plus faible est enregistré chez les graines recevant 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de chaque traitement hormonal avec seulement 6,66% de graines germées.

En revanche, les graines soumises à l'ABA à la concentration 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  en présence de 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 n'affichent aucune germination; il faut noter dans ce cas que ce n'est qu'au bout du deuxième jour du semis en boîte de Pétri que les graines se manifestent avec un taux très bas soit 6,66 %.

**Tableau 20-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la précocité de la germination des graines du gombo en présence d'hormones végétales.

	Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
	Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
% de germination	86,66±11,54	13,33±10 S	20±10 S	0 S	6,66±5,77 S

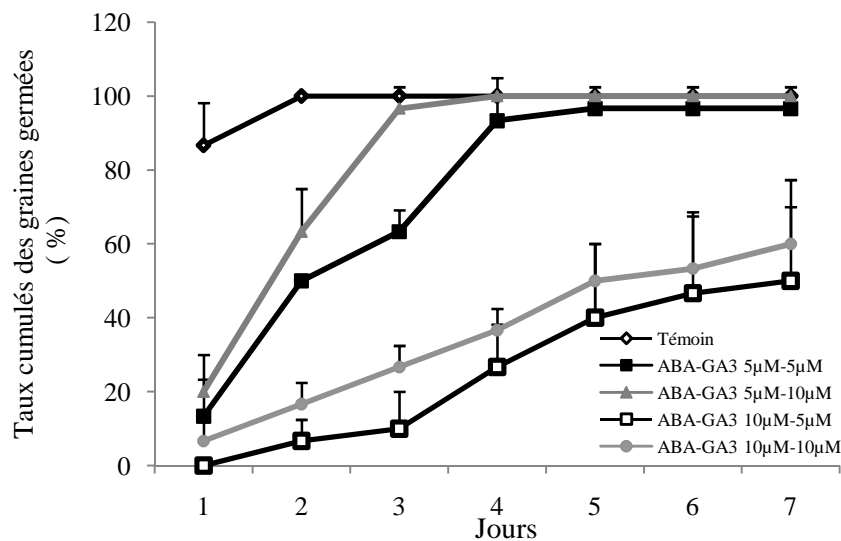
Selon le test de Fisher (tableau 20), la différence de la précocité de germination est significative pour toutes les combinaisons hormonales utilisées par rapport au témoin.

### b. Cinétique de la germination

La figure 29 présente l'évolution de la germination des graines du gombo en fonction du temps (7 jours) pour l'ensemble des traitements.

Les résultats montrent que les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées sont situées au-dessous de la courbe relative au témoin.

En effet, les graines témoins germent dès le 1<sup>er</sup> jour après le semis avec un taux de 86,66 %. Dès le deuxième jour la cinétique présente un palier traduisant une valeur maximale de 100 % du taux de germination.



**Fig. 29-** Cinétique de germination des graines du gombo en % en présence d'hormones végétales.

Les graines exposées à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA en association avec  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 germent aussi le 1 jour avec des taux respectifs qui chutent jusqu'à 20 % et 13,33 % par rapport au témoin, dès le deuxième jour les deux courbes suivent une évolution exponentielle pour arriver au bout du 4<sup>ème</sup> jour à un taux final de 100% chez les graines recevant  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3, et à un taux final de 96,66% pour les graines recevant  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3.

Il faut remarquer qu'avec l'augmentation de la concentration en ABA, la germination est retardée chez les graines du gombo, des modifications de la cinétique de germination sont aussi observées. Ainsi, les graines nourries à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA en association avec  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 germent le premier jour mais avec un taux qui ne dépasse pas les 6,66%, en parallèle les graines exposées à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 ne germent qu'au bout du deuxième jour avec un taux de levée de 6,66% seulement.

La cinétique de la germination dans ce cas progresse lentement pour arriver à un taux final de 50% pour les graines recevant  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA associé à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 et à 60% pour la même concentration en ABA associée à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3.

**Tableau 21-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) de la cinétique de la germination (%) des graines du gombo en présence d'hormones végétales.

	Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
	Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
1	86,66±11,54	13,33±10 S	20±10 S	0 S	6,66±5,77 S
2	100	50 S	63,33±11,54 S	6,66±5,77 S	16,66±5,77 S
3	100	63,33±5,77 S	96,66±5,77 NS	10±10 S	26,66±5,77 S
4	100	93,33±11,54 NS	100 NS	26,66±11,54 S	36,66±5,77 S
5	100	96,66±5,77 NS	100 NS	40±20 S	50±10 S
6	100	96,66±5,77 NS	100 NS	46,66±20,81 S	53,33±15,27 S
7	100	96,66±5,77 NS	100 NS	50±20 S	60±17,32 S

Le test statistique de Fisher sur la cinétique de germination représenté au tableau 21 montre l'effet significatif sur l'évolution de la germination pour les deux premiers jours concernant tous les traitements.

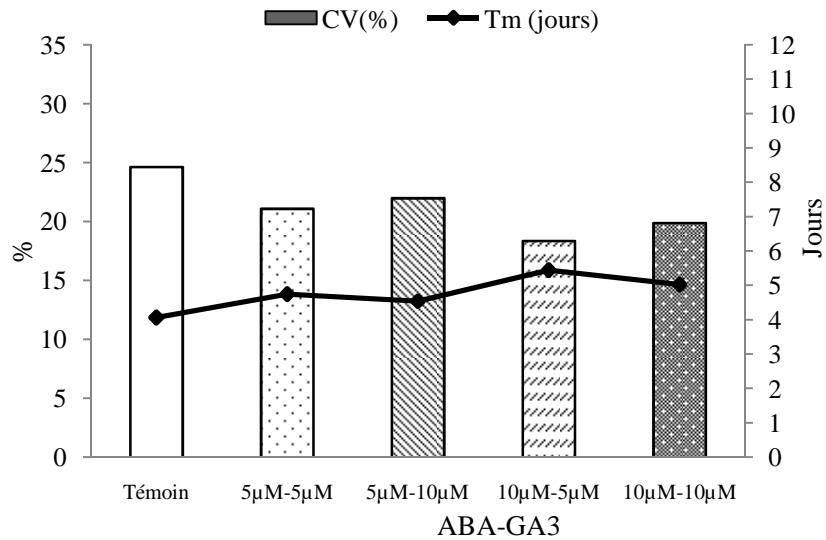
Par contre, aucun effet significatif sur la cinétique de la germination sous le traitement à l'ABA ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) associé aux gibbérellines ( $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  ou  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) à partir du 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour respectivement ne se révèle. Au contraire, les graines soumises à l'ABA à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  associé aux gibbérellines répondent de manière hautement significative par rapport au témoin.

### c. Vitesse de la germination

La figure 30, illustre l'évolution de la vitesse de la germination exprimée par le coefficient de vélocité (cv) et le temps moyen de la germination (Tm). Il faut noter qu'avec l'augmentation de la concentration en ABA, la vitesse de germination est réduite et sa durée est plus prolongée.

Ainsi, le coefficient de vélocité le plus élevé est celui des graines témoin (23,64%) avec le Tm le plus court soit 4,06 jours.

Dès l'application du traitement à l'ABA à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  associé au GA3 ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) un ralentissement de la vitesse de germination est enregistré, soit de 21,10 % et 22 % respectivement avec des Tm de 4,74 jours et 4,54 jours.



**Fig.30-** Coefficient de vélocité (cv) et temps moyens de la germination (Tm) des graines du gombo en présence d'hormones végétales.

L'application du traitement à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA associé à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 est accompagnée d'un ralentissement de la vitesse de germination pour arriver à une valeur de 18,36 % avec un Tm qui se prolonge jusqu'à 5,44 jours.

**Tableau 22-** Coefficient de vélocité (%) et temps moyen de la germination (jours) des graines du gombo en présence d'hormones végétales.

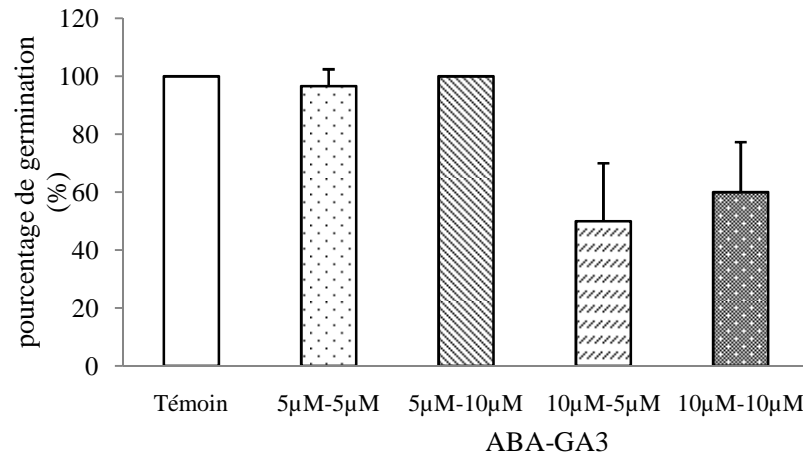
	Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
	Témoins	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
CV(%)	24,64	21,10	22	18,36	19,89
Tm (jours)	4,06	4,74	4,54	5,44	5,02

**d. Taux finaux de germination**

Les résultats de la figure 31 indiquent que le taux final de germination est maximal (100%) pour les graines témoins et pour celles recevant un traitement associé à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3, alors qu'il est légèrement inférieur chez les graines recevant la même concentration en ABA avec  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3, soit un taux de 93,33%.

Par contre les taux finaux les plus faibles sont enregistrés chez les graines soumises à un traitement d'ABA à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  combiné à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  ou  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'acide gibbérellique soit des taux respectifs de 50% et 60%.

Il faut remarquer que cette concentration en ABA diminue le pourcentage final des graines germées.



**Fig. 31-** Taux finaux (%) de la germination des graines du gombo en présence d’hormones végétales.

L’analyse statistique (tableau 23) à l’aide du test de Fisher à P = 5% révèle un effet hautement significatif (p=0,00) chez les graines recevant 10 µM.l<sup>-1</sup> d’ABA en association avec les gibbérellines par rapport aux graines témoins.

**Tableau 23-** Test statistique de signification de Fisher (P = 5%) du taux final de la germination des graines du gombo en présence d’hormones végétales.

	Traitements (µM.l <sup>-1</sup> )				
	Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
% de germination	100	96,66±5,77 NS	100 NS	50±20 S	60±17,32 S

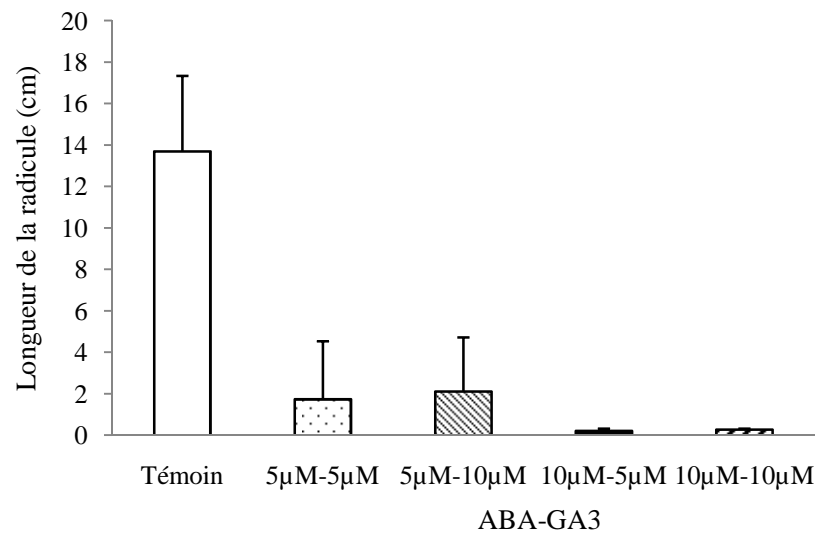
Par contre les différences dans le taux final des graines germées n’apparaissent pas lorsque l’ABA est apporté à 5 µM.l<sup>-1</sup> en association avec le GA3.

**e. Longueur de la racicule**

La figure 32 montre les variations de la longueur de la racicule en fonction des différents traitements utilisés.

La croissance raciculaire est plus importante chez les graines témoins que chez celles recevant les différentes associations hormonales avec une longueur raciculaire allant jusqu’à 13,7 cm.

En parallèle, Les graines nourries à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA en présence de  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  ou  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 ont enregistré une faible croissance racinaire avec des longueurs moyennes de 1,74 cm et 2,12 cm respectivement.



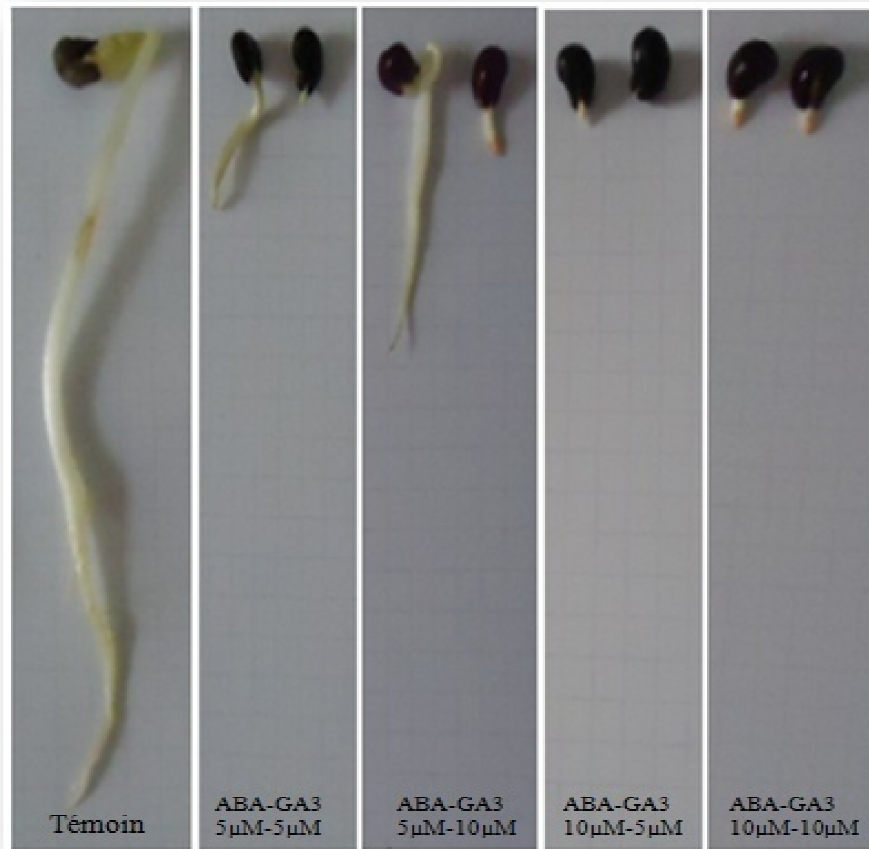
**Fig. 32-** Longueur racinaire (cm) des plantules du gombo en présence des hormones végétales.

Or il faut noter que l'application du traitement à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA en association avec les gibbérellines ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) montre un effet négatif sur la croissance racinaire avec des longueurs respectives de 2,1 mm et 2,8 mm.

**Tableau 24-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de la longueur racinaire (cm) des plantules du gombo en présence des hormones végétales.

	Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
	Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
Longueur de la racicule (cm)	13,7±3,64	1,74 ±2,8 S	2,12±2,61 S	0,21±0,11 S	0,28±0,05 S

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif sur la longueur racinaire des différents traitements hormonaux par rapport au témoin ; en effet l'association ABA-GA3 ralentie considérablement la croissance de la racicule chez les graines du gombo

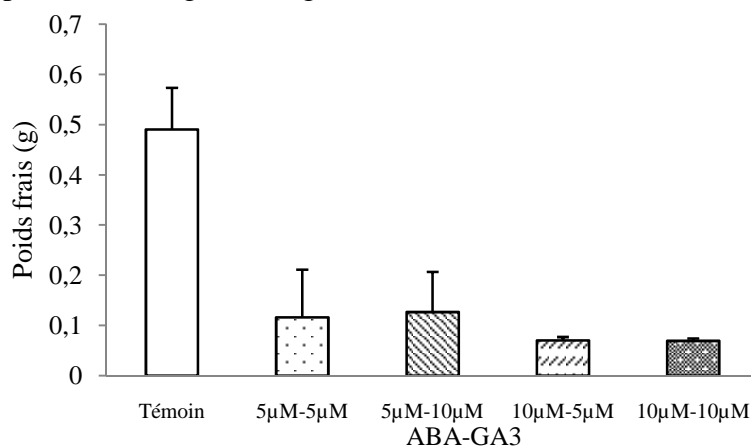


**Fig.33-** Longueur des racines des plantules du gombo en présence combinée du GA3 et de l'ABA exogènes. Photos prises après 164h d'imbibition.

#### f. Poids frais

D'après la figure 34, on remarque que les traitements utilisés influents négativement sur le poids frais des jeunes plantules.

En effet, le poids frais est plus important chez les graines témoins soit 0,49 g de matière fraîche. En revanche, les graines recevant  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA associé au GA3 à la concentration  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  ou  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  présentent un poids frais plus faible par rapport au témoin soit des poids de 0,12 g et 0,13 g.



**Fig.34-** Poids frais (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.



Par contre dès l'application du traitement à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA associé au GA3, une diminution considérable du poids frais des plantules du gombo est enregistrée soit un poids de 0,07g.

**Tableau 25-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) du poids frais (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.

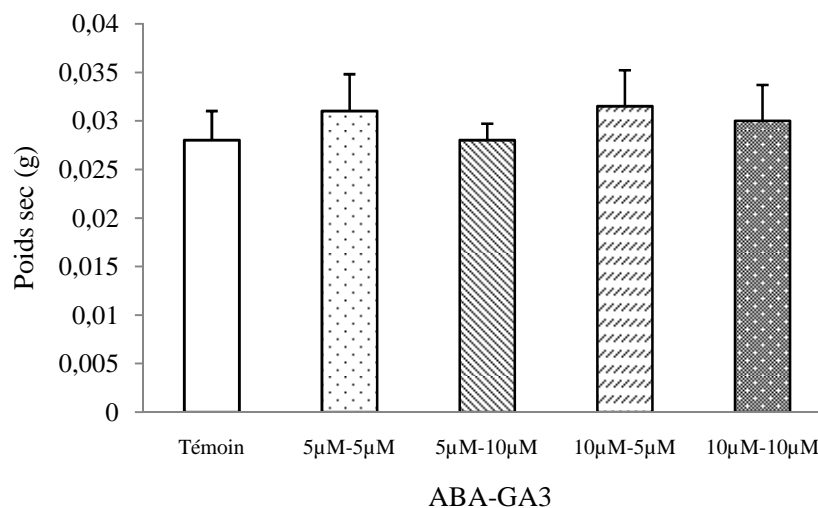
	Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
	Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
Poids frais (g)	$0,49 \pm 0,0827$	$0,12 \pm 0,095 \text{ S}$	$0,13 \pm 0,08 \text{ S}$	$0,07 \pm 0,0068 \text{ S}$	$0,07 \pm 0,005 \text{ S}$

D'après l'analyse des résultats, il est à déceler que les graines traitées à l'ABA en présence de GA3 avec les différentes concentrations répondent de manière significative sur le poids frais des jeunes plantules du gombo par rapport au lot témoin.

#### g. Poids sec

La figure 35 montre les variations du poids sec des jeunes plantules exposées aux différents traitements hormonaux.

Il est à remarquer que le poids sec n'est pas influencé par les différents traitements. En effet, le poids sec des jeunes plantules du gombo oscille entre 0,028 g et 0,031 g.



**Fig.35-** Poids sec (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.

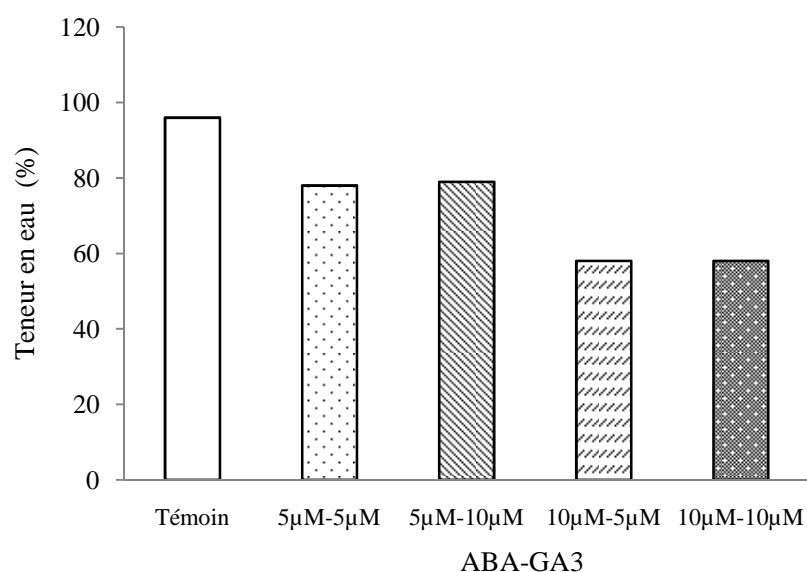
L'analyse de la variance à l'aide du test de Fisher montre un effet non significatif des différents traitements sur le poids sec par rapport au témoin.

**Tableau 26-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) du poids sec (g) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.

	Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
	Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
Poids sec (g)	0,028±0,003	0,031±0,0038 NS	0,028±0,0017 NS	0,031±0,0037 NS	0,03±0,0037 NS

#### h. Teneur en eau

La figure 36 montre que la teneur en eau la plus élevée est notée chez les graines témoins soit 96 %. Suivi d'une teneur moyenne en eau de 78 % et 79 % chez les graines recevant  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA en association avec  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 respectivement.



**Fig.36-** Teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.

En revanche les graines nourries à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  d'ABA en association avec  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  ou  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 présentent la même teneur en eau soit de 58 %.

L'analyse de la variance à l'aide du test de Fisher ( $P=5\%$ ) montre un effet significatif des différents traitements sur la teneur en eau des plantules par rapport au témoin.

**Tableau 27-** Test statistique de signification de Fisher ( $P = 5\%$ ) de la teneur en eau (%) des plantules du gombo en présence d'hormones végétales.

		Traitements ( $\mu\text{M.l}^{-1}$ )				
		Témoin	ABA-GA3 5 - 5	ABA-GA3 5 - 10	ABA-GA3 10 - 5	ABA-GA3 10 - 10
Teneur en eau (%)	96	78 S	79 S	58 S	58 S	



**DISCUSSION  
ET  
CONCLUSION GENERALE**

### Discussion et conclusion générale

L'achèvement de la germination des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* .L) dans de l'eau distillée, le NaCl à 100 mM.l<sup>-1</sup>, ainsi qu'en présence d'hormones végétales (ABA, GA<sub>3</sub>) durant une période de 7 jours, à compter du début de l'imbibition dans l'obscurité sous une température de 28°C, met en évidence des différences de comportement des graines. Ainsi les trois protocoles utilisés ont permis de bien comprendre le comportement physiologique des graines du gombo au cours de la germination en réponse au stress salin associé ou non aux traitements hormonaux.

De ces résultats il est possible de retenir l'essentiel

Les graines témoins sont précoces dès le premier jour du semis, soit après 24h (60% de graines germées) et suivent une évolution germinative très rapide pour atteindre au deuxième jour un taux maximal de 100%.

Un léger retard de germination des graines d'une journée est perceptible quand le NaCl est apporté à la concentration utilisée dans l'expérimentation. Ce retard de germination provoqué par ce niveau de salinité serait dû à une difficulté d'hydratation des graines par suite d'un potentiel osmotique élevé et peut être expliqué par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique (JAOUADI *et al.*, 2010). En effet les graines germent le deuxième jour après le semis avec un taux moyen de 43,33% pour arriver au bout du quatrième jour à un taux final de 96,66%.

La vitesse de germination, exprimée en coefficient de vélocité (cv) diminue en présence de NaCl. Au contraire le temps moyen (Tm) s'allonge sous l'effet du stress salin.

Il faut remarquer que la concentration de 100 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl réduit significativement la précocité et la vitesse de la germination sans pour autant atteindre son taux final. Les mêmes observations sont rapportées par DEMIR *et al.* (2003); OKCU *et al.*, (2005); KAYA *et al.* (2006); ZEMANI (2009) et BOUMIA (2011).

La cinétique de la germination pour les graines stressées au NaCl présume une forme de tolérance de cette espèce à cette concentration en sel si l'on tient compte des taux de germination enregistrés.

En ce qui concerne la croissance radriculaire, l'effet de la salinité s'est manifesté par une réduction de la longueur de la racine comparativement aux racines des graines témoins. Selon GOMES *et al.* (1983), l'émergence de la racine serait contrôlée par l'osmolarité du milieu pendant la germination, alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire.

D'autre part, le poids frais des plantules est aussi affecté par la salinité puisque les résultats ont montré que ce paramètre a diminué. En revanche, aucun effet du sel sur le poids sec n'est observé, ce qui corrobore avec les travaux de HADDIOUI et BAAZIZ (1999) et plus tard par BOUDA et HADDIOUI (2011).

Selon les travaux d'ASHRAF *et al.* (2002); HAJLAOUI *et al.* (2007); ATIA *et al.* (2011), la sensibilité des graines durant la germination est due principalement à l'effet de la salinité sur la mobilisation des réserves. Le ralentissement de la mobilisation des réserves est due soit au retard de l'activation ou de la synthèse des hydrolases ou bien à

l'inhibition du transfert des produit de l'hydrolyse de l'endosperme à l'embryon (OLIVEIRA *et al.*, 1998; SEBEI *et al.*, 2007).

Sous les contraintes salines, les réactions des graines ne dépendent pas seulement de l'effet du sel, l'intervention hormonale dans cette inhibition se conjugue (GRAPPIN *et al.*, 2000, GOGGIN *et al.*, 2009). En effet le sel affecterait les teneurs endogènes en hormones de croissance, dont la kinétine et l'acide gibbérellique (DEBEZ *et al.*, 2001; WENTAO *et al.*, 2009) impliquées dans le processus de germination.

L'application de certains biorégulateurs de croissance dont l'acide gibbérellique augmente la tolérance au stress salin de beaucoup de plantes cultivées (HOQUE et HAQUE, 2002; ATIA, 2009; CHOUHIM, 2011). En effet, les résultats ont montré que l'addition des gibbérellines ( $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$ ) à la salinité ( $100 \text{mM.l}^{-1}$ ) a modifié les réponses des graines du gombo à travers les paramètres étudiés. Ainsi, les graines germent dès le premier jour avec un taux supérieur à celui observé chez les graines stressées au NaCl seul. Un taux maximal de germination de 100%, est atteint très rapidement à partir du 2ème jour sous contrainte saline en présence de GA3.

La vitesse de la germination s'est considérablement améliorée sous le traitement au NaCl en présence de  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3, avec un coefficient de vélocité supérieur comparativement au traitement au NaCl seul et un temps moyen inférieur.

Les résultats indiquent que les concentrations de GA3 à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  et  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  sont vraisemblablement des seuils ayant un effet atténuant l'action du NaCl à  $100 \text{mM.l}^{-1}$  sur la précocité et la vitesse de la germination chez les graines de gombo ; cette action antagoniste de l'hormone vis-à-vis du NaCl est déjà confirmée sur la même espèce par CHOUHIM, (2011) puis par SAMAD et KARMOKER (2012) utilisant le GA3 à la concentration de  $10^{-6} \text{M}$  sous le NaCl à 100 mM sur les graines du triticale. En parallèle les mêmes résultats sont obtenus par ZEMANI (2009) lorsque les gibbérellines sont apportées à  $50 \mu\text{M.l}^{-1}$  et à  $100 \mu\text{M.l}^{-1}$  chez les graines du gombo.

Le traitement exogène aux gibbérellines en présence de NaCl a permis un allongement significatif de la radicule par rapport au traitement au NaCl seul ; cette longueur de la radicule dépasse même celle des graines témoins avec 14,93 cm à  $10 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 et 11,97cm à  $5 \mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3 contre 11,01cm chez le témoin. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par BARAI NILAXI *et al.* (2014) sur les graines du concombre. D'autre part, les poids frais et sec ainsi que la teneur en eau ont fortement augmenté par rapport aux graines recevant du NaCl seul. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par RADI *et al.* (2001) sur le blé (*Triticum sp*), HAMAYUN *et al.* (2010) sur le soja (*Glycine max.L*); TURKYILMAZ (2012) sur le blé tendre (*Triticum aestivum.L*) et ABDEL-HAMID et MOHAMED (2014) sur l'orge (*Hordeum vulgare. L*).

Il est bien connu que pendant le processus de la germination, l'acide gibbérellique soit libéré de l'embryon et active les gènes spécifiques à la transcription des ARNm de l' $\alpha$  – amylase (TAIZ et ZEIGER, 1991 ; YAMAGUCHI, 2008 ; BIALECKA et KEPCZYNSKI, 2009).

Le NaCl empêche la croissance en réduisant la division et l'élargissement des cellules (SOBHANIAN *et al.*, 2010 ; MOHAMMED *et al.*, 2012), par contre l'application du traitement au GA3 stimule la division cellulaire et l'élongation des plantules. Selon IQBAL et ASHRAF (2013) et ABDEL-HAMID et MOHAMED (2014) le stress salin altère l'intégrité des membranes plasmiques chez les plantules de blé et d'orge ;

l'application du traitement aux gibbérellines permet une reconstitution de l'intégrité des membranes plasmiques en induisant une augmentation des concentrations de calcium.

En parallèle, l'application de l'ABA associé au NaCl sur les graines du gombo ne semble pas avoir d'effet sur le taux de germination des graines dans nos conditions; cette observation exprime l'effet inhibiteur de l'ABA sur la germination. Cette action inhibitrice est déjà confirmée par les travaux de RADI et *al.*, 2001, CARRERA et *al.* (2008), GIMENO-GILLES (2009) et CHAN et *al.* (2010). Cependant, cet ABA agit en limitant l'absorption d'eau (THAKUR et SHARMA, 2005) et en inhibant la synthèse d'enzymes spécifiques à la germination comme les  $\alpha$ -amylases (GARCIARRUBIO et *al.*, 2003).

L'acide abscissique (ABA), composé métabolisé sous l'action du Na<sup>+</sup>, joue un rôle important dans la germination et possède les mêmes propriétés que le NaCl (CHAN et *al.*, 2010). Il faut signaler aussi l'implication de l'ABA dans la réponse au stress, en particulier, le stress salin, mais est également impliqué dans la réponse aux stress biotiques et dans les processus de développement (IQBAL et *al.*, 2006, Nitsch et *al.*, 2012).

Les résultats de la deuxième partie de cette étude ont montré que le GA3 exogène induit l'augmentation de la précocité, du taux et de la vitesse de germination. Les effets les plus significatifs sont obtenus chez les graines recevant une concentration de 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  de GA3. Cette application hormonale a permis aussi une croissance racinaire accélérée sous les deux concentrations en GA3 soit 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  et 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  comparativement aux graines témoins. Ceci met en évidence le rôle du GA3 dans la stimulation de la croissance racinaire des plantules du gombo, ce qui a été déjà montré par les travaux de CHOUHIM (2011) sur la même espèce. Chez la tomate, les gibbérellines induisent la sortie de la radicule à travers la graine et induisent l'expression des expansines et des gènes de modification de la paroi cellulaire (PENG et HARBERD, 2002).

Il faut noter que contrairement au traitement aux gibbérellines, l'apport exogène en ABA a conduit à une diminution de la précocité et de la vitesse de la germination.

Bien que l'ABA soit défini comme un répresseur de la germination (FINCH-SAVAGE et LEUBNER-METZGER, 2006), les deux concentrations utilisées en ABA seul à savoir 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  et 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$  ne semblent pas influencées sur le taux final de la germination chez les graines du gombo.

L'observation de la longueur racinaire montre que la présence d'ABA inhibe la croissance de la radicule après la germination. En effet, cette croissance est rapidement interrompue au bout du 4<sup>ème</sup> jour du semis sous les concentrations respectives en ABA de 5  $\mu\text{M.l}^{-1}$  et 10  $\mu\text{M.l}^{-1}$ . GIMENO-GILLES (2009) a déjà observé que l'ABA inhibe l'élongation cellulaire chez le Medicago.

L'application du GA3 sur les graines du gombo a influé en améliorant les poids frais et sec ainsi que la teneur en eau des plantules contrairement au traitement à l'ABA exogène. Cette diminution du poids frais et sec sous l'effet de cette hormone est due à une forte réduction dans l'absorption de l'eau chez les graines (PRADO et *al.*, 1995). Des résultats similaires sont obtenus par JAIN et *al.* (2004) sur les graines du millet (*Pennisetum glaucum*).

Les gibbérellines sont des antagonistes de la fonction de l'ABA dans les graines (JAIMES MIRANDA, 2006; DEROUET, 2010). Des analyses du transcriptome de la

germination d'*Arabidopsis* suggèrent que les gibbérellines diminuent l'expression des gènes ABRE et par conséquent induisent la germination (OGAWA et *al.*, 2003).

L'ABA et le GA3 sont nécessaires pour l'initiation de la dormance et de la germination des graines (MATILLA et MATILLA-VAZQUEZ, 2008). Cependant, WHITE et *al.* (2000) puis CHIBANI et *al.* (2006) concluent que la balance GA3/ABA détermine la capacité germinative des graines.

L'application du traitement combinée GA3/ABA a conduit à une augmentation de la capacité germinative des graines du gombo. En effet, les taux finaux les plus élevés sont observés chez les graines recevant la concentration en ABA la plus faible supplémentée des gibbérellines aux deux concentrations. De plus, la vitesse de la germination est fortement améliorée en présence du GA3 additionné d'ABA. Par contre la concentration élevée d'ABA inhibe la germination de 50% des graines en présence de GA3 à faible concentration; en revanche lorsque le GA3 à forte concentration est ajouté à l'ABA à concentration élevée, le taux de graines germées baisse jusqu'à 40%.

L'association ABA-GA3 s'accompagne d'un ralentissement de la croissance de la racine chez les graines du gombo comparée aux graines témoins. Il faut remarquer que l'application du traitement à l'ABA à haute concentration en présence de GA3 aux deux concentrations inhibe la croissance racinaire chez toutes les graines testées; en revanche quand l'ABA est apporté à faible concentration, la croissance racinaire est très hétérogène. En effet, nos résultats concluent que certaines graines présentent une sensibilité à l'ABA se traduisant par une réduction hautement significative de la longueur racinaire alors que d'autres sont positivement influencées par la présence des gibbérellines. Ces résultats corroborent avec les travaux de VIEIRA et *al.* (2002), qui concluent que le traitement exogène au GA3 peut annuler l'inhibition imposée par l'acide abscissique et induit également une augmentation endogène de l'acide gibbérellique. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le GA3 peut réduire le niveau d'ABA dans les graines à travers l'activation des enzymes spécifiques à son catabolisme ou en bloquant la voie de sa biosynthèse (ATIA et *al.*, 2009).

L'équilibre entre biosynthèse et catabolisme de l'ABA au niveau de la graine conditionne le maintien de la dormance. Parmi les signaux endogènes régulant la dormance, la balance entre les teneurs en ABA et en acide gibbérellique (GA) qui joue un rôle central dans le maintien ou la levée de la dormance. Cette dernière est en effet induite par une diminution de la concentration en ABA endogène (FINKELSTEIN et *al.*, 2008).

En conclusion, les résultats de cette étude ont montré que l'application du stress salin à 100 mM.l<sup>-1</sup> d'eau distillée réduit significativement la précocité et la vitesse de la germination des graines du gombo sans influence sur son taux final. Par contre le NaCl agit de façon négative sur la longueur de la racine des plantules.

Il faut remarquer dans cette étude que l'apport hormonal à l'acide gibbérellique a joué un rôle dans la réponse des plantes à la salinité en augmentant la capacité germinative des graines du gombo. Cette action se traduit par des augmentations dans la précocité, la vitesse ainsi que le taux final de la germination. De même cette phytohormone agit de façon positive sur la longueur racinaire, le poids frais et sec, et la teneur en eau des plantules du gombo.



## Discussion et conclusion générale

---

L'apport hormonal à l'acide abscissique (ABA) n'agit pas efficacement dans l'induction de la tolérance à la salinité. En effet, l'acide gibbérellique (GA3) apporté à la solution d'ABA a contrecarré l'effet inhibiteur de cette hormone sur la dormance des graines en induisant la germination.

Les premiers résultats sur la germination ne suffisent pas à concevoir une hiérarchie du comportement du gombo vis-à-vis de la salinité. La tolérance au stress salin demeure la résultante de nombreux mécanismes adaptatifs fonctionnels durant la vie de la plante. Il est reconnu par certains auteurs que cette tolérance change avec le stade de croissance et de développement.

En perspective, il est souhaitable de s'orienter vers les recommandations suivantes :

- Utiliser ces apports hormonaux aux gibbérellines pour améliorer la croissance et le rendement des plantes dans les zones salines. De plus cette phytohormone peut donc être recommandée dans les programmes d'amélioration de la germination des graines dormantes.
- Augmenter la concentration en NaCl dans le but d'étudier la tolérance de cette espèce vis-à-vis du stress salin.
- Poursuivre l'analyse du comportement du gombo à tous stades de développement dans le but de réunir des informations supplémentaires pour comprendre les mécanismes d'adaptation de cette plante en conditions stressantes.
- Compléter cette étude par l'étude des paramètres anatomiques et biochimiques tel que le dosage de l'activité amylasique, des sucres solubles, ainsi que l'ABA et le GA3.
- Rechercher la variabilité génétique chez le gombo sous l'interaction hormone salinité au stade de la germination des graines.



**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- **ABDEL LATEF A.A., 2010** - Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. *Cereal Res. Comm.* 38, 43–55.
- **ABDEL-HAMID A.M.E et MOHAMED H.I., 2014** - The effect of the exogenous Gibberellic acid on two salt stressed Barley cultivars. *European Scientific Journal*, 10(6), 1857- 7431.
- **ACKERSON R.C., 1984** - Regulation of soybean embryogenesis by abscisic acid. *Journal of Experimental Botany*, 35,403-13.
- **AMMARI S., 2011**- Contribution à l'étude de germination des graines des plantes sahariennes broutées par le dromadaire, 46p.
- **AMTMANN A et SANDERS D., 1999** - Mechanisms of Na<sup>+</sup> uptake by plant cells. *Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology*. 29: 75-112.
- **ANZALA F.J., 2006** - Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides amines issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de Doctorat. Université d'Angers.148p.
- **APG II., 2003** - An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc.* 141:399-436.
- **ARAUS J. L; SLAFER G.A; REYNOLDS M.P et ROYO C., 2002** - Plant breeding and drought in C-3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* (89) 925-940.
- **ARBAOUI M; BENKHELIFA M et BELKHODJA, M., 1999** - Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. *CIHEAM - Options Méditerranéennes*, pp. 167-169.
- **ASHRAF M; KARIM F et RASUL E., 2002** - Interactive effects of gibberellic acid (GA3) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Plant Growth Regulation*, 36, 49-59.
- **ASHRAF M. et HARRIS P.J.C., 2004** - Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166: 3-16.
- **ASKRI H; REJEB S; JEBARI H; NAHDI H et REJEB M., 2007** - Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrullus lanatus* L.) *Science et changements planétaires / Sécheresse*. Volume 18, N°1,51-5.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **ATIA A; DEBEZ A; BARHOUMI Z; SMAOUI A et ABDELLY C., 2009** - ABA, GA3, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions. *C. R. Biologies*, 332: 704–710.
- **ATIA A; RABHI M; DEBEZ A; BARHOUMI Z; ABDELLY C et SMAOUI A., 2011** - Factors controlling germination and dormancy processes in dimorphic fruits of *Atriplex inflata* (Chenopodiaceae). *Plant Ecology and Evolution*; 144:307-312.
- **AUBERT Y., 2011** - Rôles de deux protéines à EF-Hand dans les réponses au stress hydrique et à l'acide abscissique - Analyse fonctionnelle de RD20, une caléosine et de CML9, une forme divergente de calmoduline. Thèse de Doctorat, université Paul Sabatier, Toulouse, France. P 306.
- **BACCHETTA G; BELLETTI P; BRULLO S; CAGELLI L; CARASSO V; CASAS J.L; CERVELLI C; ESCRIB M. C; FENU G; GORIAN F; GÜEMES J; MATTANA E; NEPI M; PACINI E; PAVONE P; PIOTTO B; CRISTIANO PONTECORVO1, PRADA A; VENORA G; VIETTO L et VIREVAIRE M., 2006** - *Manuel pour la récolte, l'étude, la conservation et la gestion ex situ du matériel végétal*. Rome, Italie : Bacchetta G., Sánchez B.A., Jiménez-Alfaro B.F.G., Mattana E., Piotto B. et Virevaire M. 217 pp.
- **BARAI NILAXI J; DASANI SONAL H et THAKER VRINDA S., 2014** - Studies on cell elongation in GA3 and TIBA treated *Cucumis sativus* (cucumber) seedlings. *Euro. J. Exp. Bio*; 4(2):243-249
- **BASKIN C.C et BASKIN J.M., 1998** – Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, CA.
- **BELKHODJA M., 1996** – Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse Doct. Université d'Oran, 255p.
- **BELKHODJA M et BIDAI Y., 2004** - Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Revue Sécheresse*, N°4, vol.15 p 331-335.
- **BEN NACEUR M; RAHMOUNE C; SDIRI H; MEDDAHI M et SELMI M., 2001** – Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé ; *Science et changements planétaires. Sécheresse*, Vol. 12, (3) 167-74.
- **BENKHELIF M; ARBAOUI M et BELKHODJA M., 1999** - Effets combinés de la salinité et de la bentonite sur la densité racinaire d'une culture de tomate cultivée sur

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

un substrat sableux. Séminaire National sur la Salinisation des terres Agricoles en Algérie, Chlef: 101- 108.

- **BENREBIHA F.Z., 1987** - Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Mémoire de Magister. Institut national agronomique El Harrach, Algérie, 119p.
- **BERTHOMIEU P; CONEJERO G; NUBLAT A; BRACKENBURY W. J; LABERT C; SAVIO C; UOZUMI N; OIKI S; YAMADA K; CELLIER F; GOSTI F; SIMONNEAU T; ESSAH P. A, TESTER M; VERY A.A; SENTENAC H et CASSE F., 2003** - Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal* 22: 2004-2014.
- **BEWLEY J. D. et BLACK M., 1994** - Mobilization of stored seeds reserves. In: Seeds: Physiology of development and germination. *New York, Plenum Press*, p. 293-310.
- **BEWLEY, J.D., 1997** - Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9: 1055–1066.
- **BIAŁECKA B et KĘPCZYŃSKI J., 2009** - Effect of ethephon and gibberellin a3 on *amaranthus caudatus* seed germination and  $\alpha$ - and  $\beta$ -amylase activity under salinity stress. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 51/2: 119–125.
- **BIDAI Y., 2001** - Le métabolisme de la proline chez l'*Atriplex halimus* L. stressée à la salinité. Mémoire de Magister en physiologie végétale, Université d'Oran, pp. 69-71.
- **BOUDA S et HADDIOUI A., 2011** - Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « Nature & Technologie »*.5 : 72-79.
- **BOUMIA O., 2011** - Interaction fluridone et salinité sur la germination des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.). Mémoire de Magister. Université d'Oran. p .130.
- **CARRERA E; HOLMAN T; MEDHURST A; DIETRICH D; FOOTITT S; THEODOULOU F.L et HOLDSWORTH MJ., 2008** - Seed after-ripening is a discrete developmental pathway associated with specific gene networks in *Arabidopsis*. *Plant J* 53: 214-224
- **CHAIBI COSSENTINI W., 1995** - Etude physiologique ultra structurale et cyto enzymologique de l'effet du chlorure de sodium chez *Medicago sativa* L. (cultivar de Gabes). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de Tunis, 224 P.
- **CHAN K.X; CRISP P.A; ESTAVILLO G.M et POGSON B.J., 2010** - Chloroplast-to-nucleus communication: current knowledge, experimental strategies and relationship to drought stress signaling. *Plant Signaling and Behavior* 5, 1575–158.
- **CHARRIER A et HAMON S., 1982** - La variabilité du Gombo et des espèces apparentées d'*Abelmoschus* Relevé des échantillons d'herbier de Florence (Italie) Linden

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

(Hollande), Londres (Angleterre) et Paris (France) .ORSTOM, Centre d' Adiopodoume. Laboratoire de Génétique. Abidjan, Côte d'Ivoire. Document de travail, pp. 34.

- **CHARRIER A., 1983** - Des ressources génétiques d'Abelmoschus esculentus (Gombo) et des espèces apparentées. IBPGR (in press).
- **CHAUHAN J.S; TOMAR Y.K; INDRAKUMAR SINGH N; SEEMA A et DEBARA T.I., 2009** - Effect Of Growth Hormones On Seed Germination And Seedling Growth Of Black Gram And Horse Gram. *Journal of American Science* 5:79-84.
- **CHAUSSAT R et LEDEUNFF Y., 1975** - La germination des semences .Ed. Bordars, Paris, 232p.
- **CHEN J.C.F et TZEN, J.T.C., 2001** - An in vitro System to Examine the Effective Phospholipids and Structural Domain for Protein Targeting to Seed Oil Bodies. *Plant and Cell Physiology* 42, 1245-1252.
- **CHEVALIER A., 1940** - Origine la culture et les usages de cinq *Hibiscus* de la section *Abelmoschus*. *Rev. Bot. App. Agric. Trop.* 20: 319-328
- **CHIBANI K; ALI-RACHEDI S; JOB C; JOB D; JULLIEN M et GRAPPIN P., 2006** - Proteomic analysis of seed dormancy in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 142, 1493–1510.
- **CHOUHIM K.M.A., 2011** - Interaction salinité et gibbérelline sur les activités physiologique et biochimique au cours de la germination du Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.). Mémoire de Magister. Université d'Oran. P 81.
- **DEBEZ A; BEN HAMED K; GRIGNON C et ABDELLEY C., 2004** - Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*, *Plant Soil* 262: 179–189.
- **DEBEZ A; CHAIBI W et BOUZID S., 2001** - Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agriculture*. Vol. 10, n°2, pp. 8-135.
- **DEMIR I; MAVI K; OZCOBAN M et OKCU G., 2003** - Effect of salt stress on germination and seedling growth in serially harvested aubergine (*Solanum melongena* L.) seeds during development. *Israel Journal of Plant Sciences*, 51: 125-131.
- **DEROUET M., 2010** - Graines de Cactées de la fleur à la plantule.27:32p.
- **DIALLO B; SAMBA S.A.N ; SANE D et DIOP T., 2013** - Effet du chlorure de sodium sur la germination de graines de *Ricinus communis* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(4): 1534-1544.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **DREVON J.J et SIFI B., 2003** – Fixation symbiotique de l’azote et développement durable dans le bassin méditerranéen. INRA Paris. Les colloques, n°100. 381-388.
- **FINCH-SAVAGE W.E et LEUBNER-METZGER G., 2006** - Seed dormancy and the control of germination *New Phytologist. Tansley review.*
- **FINKELSTEIN R; REEVES W; ARIIZUMI T et STEBER C., 2008** - Molecular aspects of seed dormancy. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59:387–415.
- **FUJITA Y; FUJITA M; SHINOZAKI K et YAMAGUCHI-SHINOZAKI K., 2011** - ABA-mediated transcriptional regulation in response to osmotic stress in plants. *Journal of Plant Research*, 1-17-17.
- **GARCIARRUBIO A; LEGARIA J.P et COVARRUBIAS A.A., 2003** - Abscisic acid inhibits germination of mature Arabidopsis seeds by limiting the availability of energy and nutrients. *Planta*, 2: 182–7
- **GAZZARRINI S; TSUCHIYA Y; LUMBA S; OKAMOTO M et MCCOURT P., 2004** - The transcription factor FUSCA3 controls developmental timing in Arabidopsis through the hormones gibberellin and abscisic acid. *Dev Cell* 7: 373–385.
- **GENOUX C; PUTZOLA F; MAURIN G; 1991** - Thème général: la lagune méditerranéenne. T PE : les plantes halophytes.
- **GIMENO-GILLES C; LELIEVRE E; VIAU L; MALIK-GHULAM M; RICOULT C; NIEBEL A; LEDUC N et LIMAMI A.M., 2009** - ABA-mediated inhibition of germination is related to the inhibition of genes encoding cell-wall biosynthetic and architecture: modifying enzymes and structural proteins in *Medicago truncatula* embryo axis. *Molecular Plant*; 2:108-119.
- **GOGGIN D.E; STEADMAN K.J; EMERY R.J.N; FARROW S.C; BENECH-ARNOLD R.L et POWLES SB., 2009** - ABA inhibits germination but not dormancy release in mature imbibed seeds of *Lolium rigidum* Gaud. *Journal of Experimental Botany* 60: 3387–3396.
- **GOMES F.E; PRISCO J.T; CAMPOS F.A.P et FILHO E.J., 1983** – Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Plant Physiol.* 59, 183-188.
- **GOMEZ-CADENAS A; ARBONA V; JACAS J; PRIMO-MILLO E et TALON M., 2002** - Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *J. Plant Growth Regulat.* 21:234-240

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **GRAPPIN P; BOUINOT D; SOTTA B; MIGINIAC E et JULLIEN M., 2000** - Control of seed dormancy in *Nicotiana plumbaginifolia*: post-imbibition abscisic acid synthesis imposes dormancy maintenance. *Planta* 210, 279-85.
- **GREENWAY H et MUNNS R., 1980** - Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*. Vol. 3, pp. 149-190.
- **GUBLER F; HUGHES T; WATERHOUSE P et JACOBSEN J., 2008** - Regulation of dormancy in barley by blue light and after-ripening: effects on abscisic acid and gibberellin metabolism. *Plant Physiol.* 147: 886–896
- **GUIGNARD J.L., 1993** - Botanique. Ed. Masson. Paris, France. 276p.
- **HADDIOUI A et BAAZIZ M., 1999** - Effet du traitement salin sur la germination et les premiers stades de croissance d’*Atriplex halimus* L. et *Atriplex nummularia* Lindl. African Crop Science Conference Proceedings 4 :1-10.
- **HAJLAOUI H; DENDEN M et BOUSLAMA M., 2007** - Étude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3): 168-173.
- **HALITIM A., 1988** – Sols des régions arides d’Algérie. O.P.U.Alger.384p.
- **HAMAYUN M; SOHN EY; KHAN S.A; SHINWARI Z.K; KHAN A.L et LEE I.J., 2010** - Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress on growth and endogenous plant growth hormones of soybean (*Glycine max* L.). *Pak. J. Bot.*, 42(3): 1713-1722.
- **HAMDY A., 1999** – Saline irrigation and management for a sustainable use. Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir (Morocco). 152-227.
- **HAMON S et CHARRIER A., 1997** - Les gombos. In : *Amélioration des plantes tropicales*. CIRAD/ORSTOM, Montpellier, France. pp.313-333.
- **HAMON S et SLOTEN D.H., 1995** - Okra, *Abelmoschus esculentus*, *A. caillei*, *A.manihot*, *A. moschatus* (Malvaceae). In: *Evolution of Crop Plants*, Edited by Smartt J. and Simmonds N. W. London, England, 350-355.
- **HAMON S., 1987** - Organisation évolutive du genre *Abelmoschus* (Gombo) : co-adaptation et évolution de deux espèces de Gombo cultivées en Afrique de l'Ouest (*A. esculentus* et *A.caillei*). Ed. ORSTOM. Paris, France. 191 p.
- **HASSANI A; DELLAL A; BELKHODJA M et KAID- HARCHE M., 2008** - Effet de la salinite sur l’eau et certains osmolytes chez l’orge (*Hordeum Vulgare*).*European Journal of Scientific Research*. ISSN 1450-216X Vol.23 No.1, pp.61-69



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **HEDDEN P et PHILLIPS A.L., 2000** - Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes. *Trends Plant Sci.* 5, 523–530.
- **HELLER R; ESNAULT S et LANCE C., 1990** - Physiologie Végétale, *Masson Paris* P 16.
- **HELLER R; ESNAULT R et LANCE C., 2004** - Plant Physiology 1 Tome I. Nutrition. Dunod, Paris, Pages: 350.
- **HILHORST H.W.M. et KOORNNEEF M., 2007** - Dormancy in Plants. *Encyclopedia of Life Sciences* John Wiley and Sons, Ltd. www.els.net. 24/ 10/ 2009. 4 p.
- **HIRANO K; UEGUCHI-TANAKA M et MATSUOKA M., 2008** - *GID1*-mediated gibberellin signaling in plants. *Trends Plant Sci* 13: 192-199.
- **HOPKINS W.G., 2003** - Physiologie Végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par Serge.R. Ed. de Boeck, p. 66-81.
- **HOQUE M et HAQUE S., 2002** - Effects of GA3 and its mode of application on morphology and yield parameters of mungbean (*Vigna radiata* L.) *Pakistan J of Biol Sci.*, 5: 281-283.
- **HUBBARD K.E; NISHIMURA N; HITOMI K; GETZOFF E.D et SCHROEDER J.I., 2010** - Early abscisic acid signal transduction mechanisms: newly discovered components and newly emerging questions. *Genes and Development.* 24, 1695-1708.
- **IQBAL M et ASHRAF M., 2013** - Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environmental and Experimental Botany*, 86, 76-85.
- **IQBAL M; ASHRAF M; JAMIL A et REHMAN S., 2006** - Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid, wheat plants under salt stress? *Journal of Integrative Plant Biology* 48: 181-189.
- **JAIMES MIRANDA F., 2006** - La régulation transcriptionnelle dépendant de l'éthylène. Caractérisation fonctionnelle d'un cofacteur transcriptionnel du type MBF1 et d'un facteur de transcription de la famille des ERF chez la tomate. Thèse de Doctorat.
- **JAIN A; SHARMA A.D et SINGH K., 2004** - Plant Growth Hormones and Salt Stress-Mediated Changes in Acid and Alkaline Phosphatase Activities in the Pearl Millet Seeds. *Int. J. Agri. Biol.*, Vol. 6, No.6, 1560–8530.
- **JAOUADI W; HAMROUNI L; SOUAYEH N et LARBI MK., 2010** - Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(4): 643-652.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **JEAM P; CATMRINE T et GIUES L., 1998** - Biologie des plantes cultivées. Ed. L'Arpers, Paris, 150p.
- **KAYA M.D; OKÇU G; ATAK M; ÇIKILI Y et KOLSARICI Ö., 2006** – Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*. Volume 24, Issue 4, Pages 291-295.
- **KELLER F et LUDLOW M.M., 1993** - Carbohydrate metabolism in drought – stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *J exp Bot* (44) 1351-1359.
- **KERMODE A.R., 2005** - Role of abscisic acid in seed dormancy, *Journal of Plant Growth Regulation*. 24: 319–344.
- **KOORNNEEF M et VAN DER VEEN J.H., 1980** - Induction and analysis of gibberellin sensitive mutants in *Arabidopsis thaliana* (L.) Hehyn. *Theor. Appl. Genet.*58:257–263.
- **KOTOWSKI F., 1926** – Temperature Relations to Germination of Vegetable Seeds, *American Society of Horticulture Science Proceedings*, 23, 176–184.
- **KUCERA B; COHN M.A et LEUBNER-METZGER G., 2005** - Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*; 15:281-307.
- **LEHMANN M; KOSTREWA D; WYSS M; BRUGGER R; D'ARCY a; PASAMONTES L et VAN LOON A.P.G.M., 2000** – From DNA sequence to improved functionality: using protein sequence comparisons to rapidly design a thermostable consensus phytase. *Protein Eng.*, 13, 49-57.
- **LEVIGNERON A; LOPEZ F; VANSUYT G; BERTHOMIEU P; FOURCROY P. et CASSE- DELBART F., 1995** - Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4,263-273.
- **MAAS E.V., 1986** - Salt tolerance of plants. *Appl. Agric. Res.* 1, 12-26.
- **MAAS EV et POSS JA., 1989** - Salt sensitivity of wheat at various growth stages. *Irrig Sci* ; 10 : 29-40.
- **MALLEK-MAALEJ L; BOULASNEM F et BENSALÉM M., 1998** - Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahiers Agricultures*, (2) 153-6.
- **MARIUS C; GERARD V et ANTOINE G., 1997** - Le gombo, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, une source possible de phospholipides. *Agronomie et Biotechnologies, Oléagineux, corps gras, lipides*. vol. 4 (5), 389-392.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **MAROUF A. et REYNAUD J., 2007-** La botanique de A à Z. 1662 définitions. Ed Dunod : P.286.
- **MATILLA A.J et MATILLA-VÁZQUEZ M.A., 2008** - Involvement of ethylene in seed physiology. *Plant Sci.* 175: 87–97.
- **MAZLIAK P., 1982** - Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed., Paris, Collection Méthodes, 465p.
- **MEYER S; REEB C et BOSDEVEIX R., 2004-** Botanique, biologie et physiologie végétale .Ed. Moline, Paris, 461p.
- **MIRANSARI M; SMITH D.L., 2014** - Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany* 99: 110– 121
- **MIRI Y et MIRJALILI S.A., 2013** - Effects of Salinity Stress on Seed Germination and Some Physiological Traits in Primary Stages of Growth in Purple Coneflower (Echinacea Purpurea).*International journal of Agronomy and Plant Production*.Vol., 4 (1), 142-146.
- **MITCHUM M.G; YAMAGUCHI S; HANADA A; KUWAHARA A; YOSHIOKA Y; KATO T; TABATA S; KAMIYA Y et SUN T.P., 2006** - Distinct and overlapping roles of two gibberellin 3-oxidases in Arabidopsis development. *Plant J.* 45: 804–818.
- **MOHAMMED A.M.A; MOHAMED H.I; ZAKI L.M et MOGAZY A. M., 2012** - Pre-exposure to gamma rays alleviates the harmful effect of salinity on cowpea plants. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 8 (4), 199- 217.
- **MOHSEN H; HAMROUNI L; CAGNAC O et BLUMWALD E., 2011** - Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. *Environmental Reviews*. NRC Research Press. *HighBeam Research*. <<http://www.highbeam.com>>.
- **MONNEVEUX P., 1991** - Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales ? In *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. Aupelf-Uref éd., John Libbey Eurotext: 165-186.
- **MUNNS R et TESTER M., 2008** - Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-81.
- **NAMBARA E et MARION-POLL A., 2005** - Abscisic acid biosynthesis and catabolism. *Annual Review of Plant Biology* 56: 165–85, URL <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15862093>, pMID : 15862093.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **NAMBARA E; OKAMOTO M; TATEMATSU K; YANO R; SEO M et KAMIYA Y., 2010** - Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. *Seed Sci Res.* 20 (02):55–67
- **NAMBARA E; AKAZAWA T et MCCOURT P., 1991** - Effects of the gibberellin biosynthetic inhibitor uniconazol on mutants of *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 97,736–738.
- **N'DRI A.A.N., IRIE V; PATRICE L.K; IRIE A.Z., 2011** - Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire. *Sci. Nat. Vol. 8 N°1 : 119 – 137.*
- **NITSCH L; KOHLEN W; OPLAAT C; CHARNIKHOVA T; CRISTESCU S; MICIELI P; WOLTERS-ARTS M; BOUWMEESTER H; MARIANI C; VRIEZEN W.H et RIEU I., 2012** - ABA-deficiency results in reduced plant and fruit size in tomato. *Journal of Plant Physiology*, Volume 169, Issue 9, 15 June 2012, Pages 878–883.
- **NZIKOU J.M; MVOULA T; MATOUBA E; OUAMBA J. M., KAPSEU C; PARMENTIER M. et DESOBRY S., 2006** - A study on gumbo seed grown in Congo Brazzaville for its food and industrial applications. *African Journal of Biotechnology.* 5 (24) ,2469-2475.
- **OGAWA M; HANADA A; YAMAUCHI Y; KUWAHARA A; KAMIYA Y et YAMAGUCHI S., 2003** - Gibberellin biosynthesis and response during *Arabidopsis* seed germination. *Plant Cell* 15: 1591–1604.
- **OKCU G; KAYA M.D et ATAK M., 2005** - Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turk J Agric For.* 29(4):237–242.
- **OLIVEIRA J.T.A; MORAES S.D.M; CAVADA B.S; MOREIRA R.A et VASCONCELOS I.M., 1998** - Protein and lectin immobilization during *Erythrina velutina* forma *aurantiaca* seed germination and seedling growth in the dark. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10:25-30.
- **PARIDA A.K et DAS A.B., 2005** - Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60, 324-349.
- **PEAREN JR; PAHL MD; WOLYNETZ MS; et HERMESH R., 1997**- Association of salt tolerance at seedling emergence with adult plant performance in slender wheat grass. *Canadian Journal of Plant Science* 77: 81–89.
- **PENG J et HARBERD N.P., 2002** - The role of GA-mediated signaling in the control of seed germination. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5: 376– 381.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **PRADO F.E; GONZALEZ J.A; GALLARDO M; MORIS M; BOERO C et KORTSARZ A., 1995** - Changes in soluble carbohydrates and invertase activity in *Chenopodium quinoa* (quinoa) developed for saline stress during germination. *Curr. Top. Phytol.*, 14: 1–5
- **PRASAD K.V.S.K; SHARMILA P; KUMAR P.A et SARADHI P.P., 2000** – Transformation of *Brassica juncea* (L.) Czern with bacterial cod A gene enhances its tolerance to salt stress. *Molecular Breed* 6: 489-499
- **RADI A. F; SHADDAD M.A.K; EL-ENANY A.E et OMRAN F.M., 2001** - Interactive effects of plant hormones (GA3 or ABA) and salinity on growth and some metabolites of wheat seedlings. *Developments in Plant and Soil Sciences* Volume 92, pp 436-437.
- **RAGHAVENDRA A.S; GONUGUNTA V.K; CHRISTMANN A et GRILL, E., 2010** - ABA perception and signalling. *Trends in Plant Science* 15, 395-401.
- **RAJJOU L; DUVAL M; GALLARDO K; CATUSSE J; BALLY J; JOB C et JOB D., 2012** - Seed germination and vigor. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63, 507-533
- **RAJJOU L; GALLARDO K; DEBEAUJON I; VANDEKERCKHOVE J; JOB C et JOB D., 2004** - The effect of alpha-amanitin on the *Arabidopsis* seed proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination. *Plant Physiol* 134, 1598-613.
- **REJILI M, VADEL AM, et NEFFATI M., 2006** - Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, 17: 65-78.
- **RENARD J. L et QUILLEC G., 1975** – L’Helminthosporiose du cocotier. Etudes préliminaires. *Oléagineux* 30(5) : 209-213.
- **RUBIO F; GASSMANN W et SCHROEDER J.I., 1995** - Sodium driven potassium uptake by the plant potassium transporter HKT1 and mutations conferring salt tolerance. *Science* 270: 1660-1663.
- **SAMAD R et KARMOKER J.L., 2012** - Effects of gibberellic acid and kn on seed germination and accumulation of Na<sup>+</sup> and k<sup>+</sup> in the seedlings of triticale under salinity stress. *Bangladesh J. Bot.* 41(2): 123-129.
- **SANTNER A; CALDERON-VILLALOBOS L.I et ESTELLE M., 2009** - Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nat Chem Biol* 5: 301–307.
- **SAYAR R; BCHINI H; MOSBAHI M; KHEMIRA H; CZECH J et GENET., 2010** - *Plant Breed.*, 46 (2), , 54–63.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **SEBEI K; BOUKHCHINA S et KALLEL H., 2007** - Évolution des tocophérols en relation avec les acides gras insaturés au cours de la maturation des graines de colza de printemps (*Brassica napus* L.). *C. R. Biologies*. Volume 330, 55-6.
- **SEO M; NAMBARA E; CHOI G et YAMAGUCHI S., 2009** - Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. *Plant Mol. Biol.* 69: 463–472.
- **SHAMSUL A et ARIFUZZAMAN K., 2007** - Chemical Analysis of Okra Bast Fiber (*Abelmoschus esculentus*) and its Physico-chemical Properties. *Journal of textile and Apparel, Technology and management*. Vol. 5. Issue 4.
- **SHEN B; JENSEN RG et BOHNERT HJ., 1997** - Increased resistance to oxidative stress in transgenic plants by targeting mannitol biosynthesis to chloroplasts. *Plant Physiol* 113: 1177-1183
- **SHENG M; TANG M; CHAN H; YANG B; ZHANG F et HUANG Y., 2008** - Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza* 18, 287–296.
- **SIDDIQUI I.A; SHAUKAT S.S; HUSSAIN SHEIKH I et KHAN A., 2006** - Role of cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in the suppression of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in tomato. *World J. Microb. Biot.* 22, 641–650.
- **SIEMONSMA J.S et HAMON S., 2004** - *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *In: Ressources végétales de l'Afrique Tropicale 2*. Fondation PROTA. Wageningen. Pays-Bas, 25-30.
- **SLAMA A; BEN SALEM M et ZID., 2004** - La proline est-elle un osmoregulateur chez le ble dur ? Communication aux 15es Journées biologiques, 18-21 mars 2004, *Forum des sciences biologiques, Association tunisienne des sciences biologiques*.
- **SOBHANIAN H; MOTAMED N; RASTGAR J.F; NAKAMURA T et KOMATSU S., 2010** - Salt stress induced differential proteome and metabolome response in the shoots of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae), a Halophyte C4 Plant. *Journal of Proteomic Research*, 9, 2882-2897.
- **SOLTNER D., 2007**-Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304p.
- **TAIZ L et ZEIGER E., 1991** - Plant physiology. New York, The Benjamin/Cumming publishing Company Inc. 349-375.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **TARDIEU F; PARENT B et SIMONNEAU T., 2010** - Control of leaf growth by abscisic acid: hydraulic or non-hydraulic processes? *Plant, Cell and Environment* 33, 636-647.
- **TERRELL E.E et WINTERS H.F., 1974** - Changes in scientific names for certain crop plants. *Hortscience*, 9(4) : 324, 325.
- **THAKUR M et SHARMA A.D., 2005** - Salt Stress and Phytohormone (ABA)-Induced Changes in Germination, Sugars and Enzymes of Carbohydrate Metabolism in *Sorghum bicolor* (L.) Moench Seeds. *Journal Of Agriculture and Social Sciences* :89–93.
- **THOMAS A; STEVENSON L.A; WEASE K.N; PRICE M.R; BAILLIE G; ROSS R.A., 2005** - Evidence that the plant cannabinoid delta9-tetrahydrocannabivarin is a cannabinoid CB1 and CB2 receptor antagonist. *Br J Pharmacol*; 146:917–926.
- **TIMSON J., 1965** - New method of recording germination data. *Nature* 207:216-217.
- **TYERMAN S.D et SKERETT I.M., 1999** – Root ion channels and salinity. *Scienta Horticulturae* 78: 175-235.
- **UEGUCHI-TANAKA M; ASHIKARI M; NAKAJIMA M; ITOH H; KATOH E; KOBAYASHI M; CHOW T.Y; HSING Y.I; KITANO H; YAMAGUCHI I et MATSUOKA M., 2005** - Gibberellin insensitive DWARF1 encodes a soluble receptor for gibberellin. *Nature* 437, 693–698.
- **VIEIRA A.R; GRAÇAS M.D; VIEIRA G.C; FRAGA A.C; OLIVEIRA J.A et SANTOS C.D.D., 2002** - action of gibberellic acid (ga3) on dormancy and activity of  $\alpha$  - amylase in rice seed. *Rev. bras. sementes* vol.24 no.2. p.43-48.
- **VINCENT R., 2006** - Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de Doctorat. Biologie. Université de Rennes 1. 237p.
- **WEITBRECHT K; MULLER K et LEUBNER-METZGER G., 2011** - First off the mark: early seed germination. *J Exp Botany* 62: 3289–3309.
- **WENTAO Z; SHEILA D.S; CHIWOCHA R; TRISCHUK L et GUSTA V., 2009** - Profile of Plant Hormones and their Metabolites in Germinated Ungerminated Canola (*Brassica napus*) Seeds Imbibed at 8°C in either GA4+7, ABA, or a Saline Solution. *J Plant Growth Regul* 29:91–105.
- **WERETILNYK E.A; BEDNAREK S; MC CUE K.F; RHODES D et HANSON A.D., 1989** - Comparative biochemical and immunological studies of betaine synthesis pathway in divers families of dicotyledons. *Planta*. (178) 342-352.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **WHITE CN; PROEBSTING W.M; HEDDEN P et RIVIN CJ., 2000** - Gibberellins and seed development in maize. I. Evidence that gibberellin/abscisic acid balance governs germination versus maturation pathways. *Plant Physiol.* 122:1081–1088.
- **YAMAGUCHI S., 2008** - Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59, 225–251.
- **ZEMANI N., 2009** - Réponse de la germination des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) à l'action combinée de la salinité et la gibberelline(GA3).Mémoire de Magister. Université d'Oran. p .89.
- **ZHU B; SU J; CHANG MC; VERMA DPS; FAN YL et WU R., 1998** - Overexpression of a pyrroline-5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice. *Plant Sci.* 139: 41-48
- **ZHU, J.K 2002** - Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53: 247–273.
- [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr).



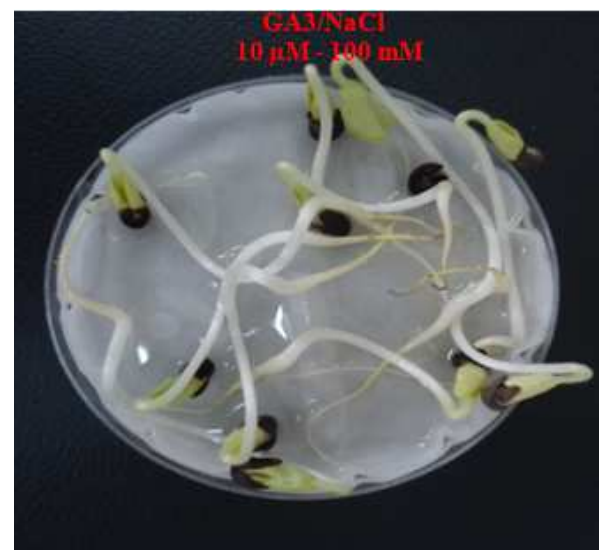
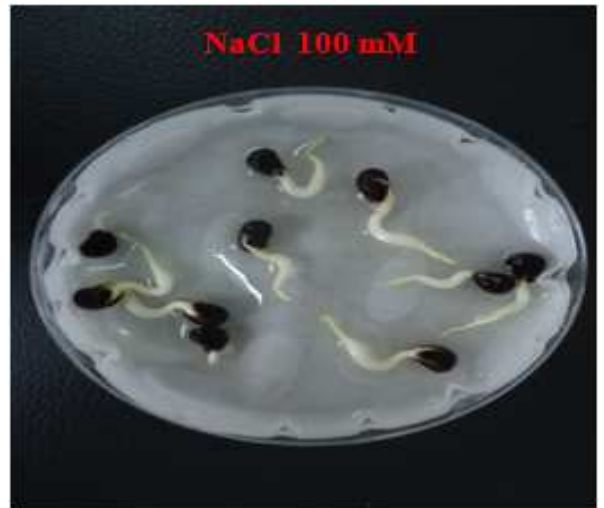


**ANNEXE**

**Clicours.COM**

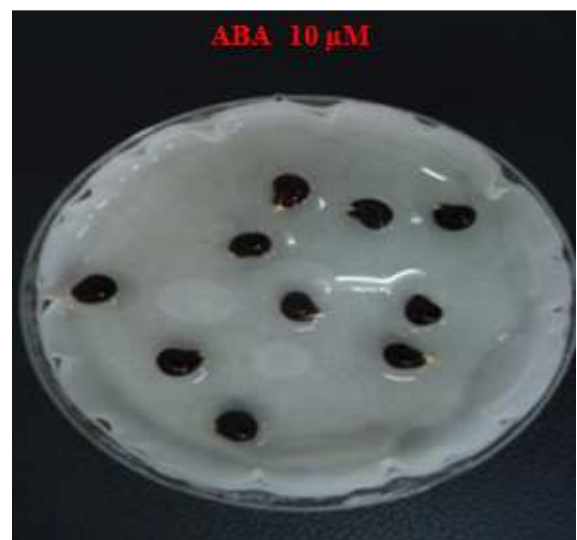
# ANNEXE 1

Photos montrant le taux final de germination des graines du gombo sous l'action combinée NaCl-Hormone.



## ANNEXE 2

Photos montrant le taux final de germination des graines du gombo sous l'action hormonale.



## ANNEXE 3

Photos montrant le taux final de germination des graines du gombo sous l'action hormonale combinée.



# Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'action de l'acide gibbérellique (GA3) et de l'acide abscissique (ABA) sur le processus de la germination des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) soumises à une contrainte saline.

Les graines sont mises à germer dans des solutions de NaCl à 100 mM.l<sup>-1</sup>, de GA3 et d'ABA à des concentrations de 5 µM.l<sup>-1</sup> et 10 µM.l<sup>-1</sup>, des combinaisons NaCl/ GA3, NaCl/ABA, ABA/GA3 sont aussi testées pour déceler des solutions à notre attente. Le tout est entreposé dans une étuve à 28°C pendant une période de 7 jours.

Les résultats montrent que le NaCl réduit significativement la précocité et la vitesse de la germination des graines du gombo sans pour autant influencer son taux final, par contre le chlorure de sodium agit de façon négative sur la croissance racinaire, le poids frais et la teneur en eau des plantules.

L'application du traitement au GA3 a atténué l'effet dépressif du NaCl sur la germination des graines du gombo.

L'apport hormonal à l'ABA n'a pas pu être efficace dans l'induction de la tolérance à la salinité, ainsi le GA3 apporté à la solution d'ABA a contrecarré l'effet inhibiteur de l'ABA sur la germination des graines du gombo.

## Mots clés :

*Abelmoschus Esculentus* L.; Acide Abscissique (ABA); Acide Gibbérellique (GA3); Germination; Nacl; Phytohormones; Salinité; Gombo; Graines; Plantules.