

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.	01
CHAPITRE I – DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES	
I– SALINITÉ	
1. L'origine de la salinité	04
2. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes...	04
➤ Effets de la salinité sur la germination	05
➤ Effets de la salinité sur la croissance et le développement	06
➤ Effets de la salinité sur le comportement biochimique de la plante	07
II- LA FLURIDONE.	09
➤ Origine de la fluridone	09
➤ Formule et propriétés chimiques de la fluridone	09
➤ Application de la fluridone	10
III- LES COMPOSÉS PHÉNOLIQUES ET LES GLUCIDES	11
1. les poly phénols	12
2. les tanins	12
3. les quinones	13
4. les coumarines	14
5. les flavonoïdes	F
6. les glucides	15
IV. PRÉSENTATION <i>D'Abelmoschus esculentus</i> L.	
1. Systématique de l'espèce (Classification phylogénétique APG II, 2003.)	15
2. Origine de l'espèce	16
3. Répartition géographique et exigences climatiques et édaphiques	16
4. Description botanique	17
5. Production de Gombo	18
6. Valeur nutritive <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L.	19
7. La plantation et la croissance	20
8. Intérêts alimentaire et médical du gombo	21
CHAPITRE II – MATÉRIEL ET MÉTHODES	
I. Matériel végétal	23
II. Méthodes	23
1- Phases de germination	23
a. Préparation des semences	23
b. Application des traitements	23
c. Paramètres de germination	24
• Estimation de taux de germination	24
• Cinétique de germination	24
• Vitesse de germination et temps moyen	24
2. Analyses des paramètres biochimiques dans les graines germées	25
a. Préparation de matériel végétal	25
b. Analyse des sucres totaux	25
c. Analyse des composés phénoliques	26
d. Analyse qualitative	27
• Extraction	27
• Méthodes d'analyses	27

- Les Tanins	27
-Les flavonoïdes.	27
-Les coumarines	27
-Les anthraquinones	28
-Les mucilages	28
-Les saponosides	28
II. Phase végétative	
1. Préparation des semis	28
2. Application des traitements	29
3. L'analyse des sures et des composés phénoliques	30
CHAPITRE III – RÉSULTATS	
I- Influence combine de la salinité et de fluridone sur les paramètres de la germination du gombo <i>Abelmoschus esculentus</i> L.	
1. Précocité de germination	31
a- Germination des graines sans stress en présence de la fluridone.	31
b- Germination des graines sous stress à 25 mM NaCl en présence de la fluridone	31
c- Germination des graines sous stress à 50 mM NaCl en présence de la fluridone	32
2. Cinétique de germination des graines	33
a. Cinétique de germination des graines sous l'effet de la fluridone associée ou non à 25 mM NaCl	33
b. Cinétique de germination des graines sous l'effet de la fluridone associée ou non à 50 mM NaCl.	34
3. Vitesse de germination (coefficient de vélocité (Cv) et temps moyen (Tm))	35
a- Vitesse de germination des graines sans stress en présence de la fluridone	35
b- Vitesse de germination des graines sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	36
c- Vitesse de germination des graines sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	37
II- Réponses biochimiques des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet combiné de la salinité et de la fluridone.	
1. Teneurs en sucres totaux des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl	38
a- Teneurs en sucres totaux des graines sans NaCl en présence de la fluridone	38
b. Teneurs en sucres totaux des graines sous stress à 25 et 50 mM NaCl en présence ou non de fluridone	38
2. Teneurs en composés phénoliques des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl	39
a- Teneurs en composés phénoliques des graines sans NaCl en présence ou non de la fluridone	39
b. Teneurs en composés phénoliques des graines sous stress à 25 mM NaCl et 50 mM NaCl en présence de fluridone.	40
III- Etudes qualitatives des différentes familles des métabolites secondaires dans les graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> l. traitées de la fluridone associe ou non au NaCl	
1- Graines sans NaCl en présence de la fluridone	41
2- Graines sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	42
3- Graines sous stress à 50 mM NaCl en présence de la fluridone	43
VI- Réponses biochimiques des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet combiné de la salinité et de la fluridone	
1. Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl	44

a- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.. sans stress en présence de la fluridone	44
b- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	44
c- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	45
d- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous stress à 100 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	46
e- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous stress à 150 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	46
2. Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L sous l'effet de fluridone associée ou non NaCl	48
a- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sans NaCl en présence de la fluridone	48
b- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	48
c- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	49
d- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L sous stress à 100 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.	50
e- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L sous stress à 150 mM NaCl en présence ou non de la fluridone	51
DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	61
ANNEXES	81

Abréviation

Liste d'abréviation

°C : Degré Celsius

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium

AMPC : Adénosine monophosphate cyclique

°C : Degré Celsius

C : Carbone

Ca : Calcium

Ca⁺² : Ion de Calcium

CO₂ : Dioxyde de carbone

F : Fluor

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FeCl₃ : Chlorure de fer

g : Gramme

GABA : Acide alpha aminobutyrique

H₂O : Eau distillée

H₂O₂ : Peroxyde d'oxygène

H₂SO₄ : Acide sulfurique

HCl : Acide chlorhydrique

Hg : Mercure

HgCl₂ : Chlorure de mercure(II)

HHDP : Hexahydroxydiphénique

HO• : Radical hydroxyle

I₂ : Iode

K⁺ : Ion de Potassium

K₃Fe (CN)₆ : Ferricyanure de potassium

KI : Iodure de potassium

KOH : Hydroxyde Potassium

LDL : Lipoprotéine de faible densité

mg : Milligramme

mg/l : Milligramme par litre

Mg⁺⁺ : Ion de Magnésium

min : Minute

Abréviation

ml : Millilitre

mM : Milimolaire

mm : Millimetre

N : Azote

Na : Sodium

NaCl : Chlorure de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

NH₄OH : Ammoniaque

nm : Nanomètre

O²⁻ ou **O^{2•-}** : Radical superoxydes

O₂ : Oxygène

OH : fonction hydroxyle

P : Phosphore

pH : potentiel hydrogène

UV : ultra-violet

μM : Micromolaire

% : pourcentage

Tableau 1- Analyse qualitative des différentes familles des métabolites dans les deux extrait aqueux et éthanolique dans les graines de gombo traitées à la fluridone sans NaCl	41
Tableau 2- Analyse qualitative des différentes familles des métabolites secondaires dans les deux extrait aqueux et éthanolique dans les graines de gombo traitées à 25 mM NaCl en présence de la fluridone.	42
Tableau 3- Analyse qualitative des différentes familles des métabolites secondaires dans les deux extrait aqueux et éthanolique dans les graines de gombo traitées à 50 mM de NaCl en présence de la fluridone.	43
Tableau 4- La précocité de germination des graines du gombo traitées de la fluridone associée ou non au NaCl.	81
Tableau 5- Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ de la cinétique de germination des graines du gombo traitées de la fluridone associée ou non au NaCl.	81
Tableau 6- Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ de la vitesse de germination (coefficient de vélocité, Temps moyen) des graines du gombo traitées de la fluridone associée ou non au NaCl.	81
Tableau 7- Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ des Teneurs en sucres totaux et des composés phénoliques ($\text{mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ PS) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.	81
Tableau 8- Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ de Teneurs en sucres totaux ($\text{mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ PS) des feuilles et des racines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.	82
Tableau 9- Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ de Teneur en composés phénoliques ($\text{mg} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ PS) des feuilles et des racines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de fluridone associe ou non au NaCl.	82

Fig.1- Structure chimique de fluridone	10
Fig.2- Graines de gombo (a) ; plante de gombo (b),(DAHLI, 2019)	17
Fig.3- Production du gombo dans le monde (FAO, 2011)	18
Fig.4- Graines témoins d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. après un jour de germination (a). Graines témoins d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. après 3 jours de germination (b). Graines témoins d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. après 5 jours de germination (c).	23
Fig.5- Plantules d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. âgées de quelques jours sous serre (A). Plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. âgées de quelques semaines sous serre(B).	29
Fig.6- Précocité de germination (% des premières graines germées) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.sous l'effet de la fluridone.	31
Fig.7- Précocité de germination (% des premières graines germées) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.sous l'effet de la fluridone (μ M) associée à 25 mM NaCl.	32
Fig.8- Précocité de germination (% des premières graines germées) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.sous l'effet de la fluridone (μ M) associée à 50 mM NaCl.	32
Fig.9- Cinétique de la germination des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non à 25 mM NaCl.	33
Fig.10- Cinétique de la germination des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non à 50 mM NaCl.	34
Fig.11- Coefficient de vélocité (Cv %) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone.	35
Fig.12- Temps moyen (Tm en jour) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone	35
Fig.13- Coefficient de vélocité (Cv%) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L.sous l'effet de la fluridone associée à 25 mM NaCl.	36
Fig.14- Temps moyen (jour) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 25 mM NaCl.	36
Fig.15- Coefficient de vélocité (Cv%) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 50 mM NaCl.	37
Fig.16- Temps moyen (jour) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 50 mM NaCl .	37
Fig.17- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone.	38
Fig.18- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 25 mM NaCl (a) et 50 mM NaCl (b).	39
Fig.19- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de fluridone.	40
Fig.20- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des graines d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée ou non à 25 mM NaCl (a) et 50 mM NaCl (b).	40
Fig.21- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone.	44
Fig. 22- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 25 mM NaCl.	45
Fig.23- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 50 mM NaCl.	45
Fig.24- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d' <i>Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 100 mM NaCl.	46

Fig.25- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 150 mM NaCl.	47
Fig. 26- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone.	48
Fig. 27- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 25 mM NaCl.	49
Fig. 28- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 50 mM NaCl.	49
Fig. 29- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 100 Mm NaCl.	50
Fig. 30- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg ⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes <i>d'Abelmoschus esculentus</i> L. sous l'effet de la fluridone associée à 150 mM NaCl.	51

INTRODUCTION

Introduction

Dans les dernières années, les régions Méditerranéennes subissent une sécheresse due à une importante baisse de la pluviométrie et à une augmentation de sa variabilité spatiotemporelle. Elle constitue une menace sérieuse pour l'agriculture (Nana *et al.*, 2009)

L'analyse actuelle sur les conséquences des changements climatiques permet de conclure que de nombreuses espèces végétales ayant l'aptitude à résister ou à tolérer les contraintes naturelles commencent à perdre ce caractère. Les perturbations d'ordre physiologique, morphologiques, biochimiques, moléculaires et hormonales sont imputables aux divers stress abiotiques (Wang *et al.*, 2008 ; Aubert, 2011; Singh *et al.*, 2015).

Toutefois, certains végétaux disposent d'un potentiel génétique pour la tolérance vis-à-vis des stress environnementaux (Diallo *et al.*, 2013).

L'amélioration des plantes, vis à vis de leur tolérance aux conditions environnementales, passe par une meilleure compréhension des réponses adaptatives des plantes résistantes aux stress (Mallek-Maalej *et al.*, 2004).

Actuellement, la salinité est considérée comme un processus majeur de la dégradation des terres (Ben Yahmed, 2013). Aujourd'hui, les sols salins couvrent 800 millions d'hectare à l'échelle mondiale. En Afrique près de 2% de la surface totale est affectée par le sel, et en Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (Douaoui et Hartani, 2008, Sadiki, 2016).

La salinité constitue le facteur environnemental le plus important qui limite la croissance et la productivité végétale (Loutfy *et al.*, 2014). Selon les recherches réalisées, la réponse ou la tolérance au sel dépend de l'espèce elle même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture, et du stade de développement de la plante (Mrani-Alaoui *et al.*, 2013).

Plusieurs études ont montré que la salinité a un effet dépressif sur la germination et la production de graines. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et l'état de la plante (Hajlaoui *et al.*, 2007 ; Kadri *et al.*, 2009 ; Nadjimi *et al.*, 2013). Parmi les facteurs contraignants de cette phase de la vie de la plante, les hormones jouent un rôle important (Mrani-Alaoui *et al.*, 2013).

L'acide abscissique (ABA) est considérée comme le composant clé d'adaptation des végétaux, notamment la sécheresse et le stress salin (Hubbard *et al.*, 2010 ; Fujita *et al.*, 2011).

L'intervention de l'acide abscissique dans la régulation de la dormance de l'embryon et leur rôle antagoniste aux gibbérellines durant la germination en réponse aux signaux environnementaux a été confirmée par plusieurs recherches (Jaimes Miranda, 2006 ; Finkelstein *et al.*, 2008 ; Seo *et al.*, 2009 ; Nambara *et al.*, 2010, Weitbrecht *et al.*, 2011 ; Rajjou *et al.*, 2012) .

Actuellement des recherches ont montré que de nouvelles substances comme le fluridone, à propriété herbicide, participe dans le mécanisme de la levée de dormance en inhibant l'ABA (Atia *et al.*, 2009)

L'identification des génotypes tolérants aux sels capables de minimiser les effets dépressifs sur les rendements, et améliorer l'agricole des zones touchées par la salinité. (Benidire *et al.*, 2015)

L'amélioration de la tolérance à la salinité serait d'une grande valeur pour une culture modérément tolérante comme les légumineuses cultivées sur des sols salés (Ashraf, 2002).

De nos jours, le gombo constitue un légume très rémunérateur pour les communautés pauvres du fait de son fort potentiel de vente sur les marchés ruraux et urbains (Nana *et al.*, 2009).

Le gombo est une plante exceptionnelle et originale car toutes ses parties (racines, tige, feuilles, fruits, grains) sont valorisées sur le plan alimentaire, médicinal, artisanal et même industriel (Siemonsma et Hamon, 2004).

Au point de vue alimentaire, le gombo fournit des produits à valeur nutritionnelle notable, ses fortes teneurs en glucides, protéines, fibres alimentaires, vitamines A, B, C, fer, phosphore, potassium et magnésium (Dikeman et Fahey, 2006 ; Benchasri, 2012).

En Algérie, le gombo 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.

La culture gombo est souvent confrontée à des régimes pluviométriques déficitaires qui se traduisent par des contraintes hydriques sévères et erratiques ; Ces conditions hydriques déficitaires limitent l'expression du potentiel de production des variétés et rendent incertain l'espoir des agriculteurs.

Afin d'assurer une bonne production du gombo, la recherche des variétés tolérantes et/ou résistantes à la salinité s'impose devient une nécessité (Nana *et al.*, 2009).

L'objectif de ces recherches est d'assurer une meilleure multiplication des plantes de gombo pour une sécurité alimentaire et une production optimale de graines dans la perspective de repeupler les zones dégradées.

INTRODUCTION

Dans ce contexte, le présent travail s'intéresse à analyser le comportement au stade de la germination des graines et la phase végétatif du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) soumis à une contrainte saline associée ou non à la fluridone.

Données Bibliographiques

I- Salinité

1- L'origine de la salinité

La salinité est un problème écologique croissant dans le monde entier, ce phénomène est considéré comme un processus majeur de la dégradation des terres (Ben Yahmed, 2013). Le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions, mais pas exclusivement aux ions Na^+ et Cl^- (Ibrahim *et al.*, 2013).

La plupart des auteurs s'accordent pour considérer qu'un sol est salé lorsqu'il contient des concentrations élevées en chlorures, sulfates, carbonates ou bicarbonate de sodium, de calcium ou magnésium (Asloum, 1990). Le degré de salinité du sol peut être modifié par tout processus influant sur le bilan d'eau dans le sol comme la géologie, l'hydrologie (eau), le climat (spécialement les tendances à long terme des précipitations) et le couvert végétal (Mint El-mokhtar, 2010).

Bouchoukh (2010) confirme que l'évolution de la salinité des sols est non seulement liée aux conditions climatiques mais également au mauvais contrôle de l'irrigation, ce qui entraîne une accumulation des sels dissous en surface. Eilers (2006) dit que les pratiques agricoles peuvent augmenter le risque de la salinité de la majeure partie du territoire agricole.

A l'échelle mondiale, plus de 800 millions d'hectares des terres sont affectées par la salinité, ce qui représente environ 6% des terres de la planète et 20% de la superficie cultivée dans le monde (Sadiki, 2016). En Afrique, près de 2% de la surface totale sont affectés par le sel et en Algérie plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (Rouabhia et Djabri, 2010).

2- Effets de la salinité sur la physiologie des plantes

Le sodium et le chlorure sont généralement les ions les plus répandus et les plus impliqués dans les sols salins ou eaux salines. Ils sont responsables de la majeure partie des effets négatifs qui peuvent être liés à des toxicités ioniques spécifiques (Levitt, 1980).

D'après Shannon *et al.* (1994), la salinité est affectée par des interactions environnementales tels que l'humidité relative, la température, le rayonnement et la pollution atmosphérique.

De nombreux travaux montrent que la salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité des plantes (Zilli *et al.*, 2008 ; Sobhanian *et al.*, 2010; Jamil *et al.*, 2011).

En effet, le stress salin affecte tous les processus tels que la croissance, les relations hydriques, la photosynthèse et l'absorption minérale (Rasool *et al.*, 2013 ; Singh *et al.*, 2015).

➤ Effets de la salinité sur la germination

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissent à l'émergence de la radicule. Ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production agricole réussie. (Ibn Maaouia-Houimli *et al.*, 2011).

La connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination révèle la capacité de l'espèce à pousser sur des sols très salins (Jaouadi *et al.*, 2010 ; Ghrib *et al.*, 2011).

La réversibilité de l'effet du NaCl est un paramètre qui peut aider à déterminer l'origine de l'effet dépressif de la salinité sur la germination. Nichols *et al.*, (2009) ont trouvé qu'il y a une inhibition totale irréversible de la germination des graines de *Medicago polymorpha* et *Trifolium subterraneum* à une concentration de 600 mM de NaCl même après transfert de celles-ci dans un milieu non salin.

Benadir *et al.*, (2015) affirment que la salinité peut se manifester par deux effets au cours de la période de germination. Le premier est osmotique, qui est réversible, et le second est toxique qui est irréversible.

Les travaux de Bayuelo- Jiménez *et al.*, (2002) sur *Phaseolus* ont démontré que le temps moyen de germination des graines a augmenté avec l'ajout de NaCl et cette augmentation a été d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée.

L'effet de NaCl sur le comportement germinatif des graines se traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination. Ceci corrobore les résultats de l'étude de Amouri et Lameche (2012) portée sur six écotypes d'espèces annuelles de *Medicago* et qui ont noté un ralentissement du processus de germination en fonction du stress salin et de l'écotype de chaque espèce.

Camara *et al.*, (2018) montrent que, la capacité germinative et la vitesse de germination des trois légumineuses testées (le soja, l'haricot, le Niébé) sont fortement affectées et elles diminuent avec l'augmentation de la concentration du NaCl.

Il ajoute que le taux de germination pourrait être considéré comme un critère précoce de sélection des espèces végétales tolérantes au stress salin.

D'autres études ont montré également que l'augmentation de la concentration du sel réduit le pourcentage final de germination (Okçu *et al.*, 2005 ; Askri *et al.*, 2007 ; Bouda et Haddioui, 2011 ; Yousofinia *et al.*, 2012; El Goumi, 2014).

Des résultats comparables sont observés chez différentes variétés de haricot (Cokkizgin, 2012), de pois chiche (Hajlaoui *et al.*, 2007), de lentille (El-Monem et Sharaf, 2008) et d'autres légumineuses fourragères (Nichols *et al.*, 2009 ; Wu *et al.*, 2011).

Cette diminution est due selon Othman *et al.* (2006) à la réduction de l'utilisation des réserves des grains.

Ghrib *et al.*, (2011) ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine. Par ailleurs, selon Prado *et al.*, (2000) la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress.

➤ Effets de la salinité sur la croissance et le développement

L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance (Papdi *et al.*, 2008 ; Singh *et al.*, 2015). Le stress salin peut également toucher ou bien ralentir la croissance en longueur de la plante (Ouis, 2016; Benlaldj, 2017).

Lebon *et al.*, (2004) affirment que, chez les dicotylédones comme le pois ou la vigne, le nombre de ramifications de la tige est réduit sous l'effet de stress salin .

Bouزيد (2010), montre que le développement du stress salin à l'intérieur de la plante peut réduire la vitesse d'expansion de la surface foliaire. Par ailleurs, l'accumulation de sel dans les feuilles provoque la sénescence prématurée, la réduction de la disponibilité des assimilats pour les zones de croissance (Van Heerden *et al.*, 2008).

De plus Wahome *et al.*, (2001) montrent que la présence des hautes concentrations des ions Na^+ ou Cl^- cause certains symptômes spécifiques sur les plantes telles que la nécrose et la brûlure de la pointe de la feuille.

D'autres auteurs montrent que, l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{++} , K^+ , N, P et Ca^{++} dans la plante (Chadli *et al.*, 2007 ; Achour, 2016, Ouis, 2016). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de la croissance (Haouala *et al.*, 2007).

Jabnourne (2008), ajoute que les effets osmotiques du stress salin peuvent limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

➤ **Effets de la salinité sur le comportement biochimique de la plante**

La présence des hautes concentrations des cations Na^+ dans le sol affecte les processus métaboliques et physiologiques de la plante tels que la photosynthèse (Wang *et al.*, 2008), la synthèse des protéines et le métabolisme énergétique (Luhua *et al.*, 2008).

L'augmentation des seuils de sel provoque à la plante une diminution de la vitesse photosynthétique suite à une réduction de la conduction stomatique du CO_2 (Gama *et al.*, 2007).

Ces processus sont dépendants de la déshydratation de la membrane cellulaire provoquée par la fermeture des stomates. En effet, la perméabilité et l'approvisionnement en CO_2 sont diminués, ce qui change l'activité des enzymes et la structure cytoplasmique (Parida et Das, 2005).

La membrane plasmique est le principal site de l'interaction du sel avec la plante, la tolérance à la salinité est due à la capacité de contrôler le flux de sel dans l'apoplaste puis dans la cellule (Pandolfi *et al.*, 2010).

Chamekh (2010) confirme que le potentiel négatif de la membrane plasmique des cellules végétales favorise le transport passif des ions Na^+ dans les cellules. Ces ions pénètrent dans les cellules végétales par les transporteurs de potassium à haute affinité HKT_1 et les canaux cationiques non sélectifs. Le passage de Na^+ à travers les canaux cationiques dépolarise la membrane plasmique.

D'après Wegner *et al.*, (2011) le stress salin entraîne une perturbation de la composition lipidique et protéique de la membrane plasmique ce qui affecte sa stabilité, un facteur important dans la tolérance à la salinité. La stabilité membranaire est mesurée à travers la quantité d'électrolytes largués hors de la cellule lors d'un choc osmotique.

Par ailleurs, Taochy (2012) confirme que les systèmes de sécrétion de NO_3^- de la membrane plasmique des cellules végétales jouent un rôle important dans la réponse des plantes à des stress biotiques et abiotiques.

Les fortes concentrations ioniques peuvent perturber l'intégrité des membranes et des fonctions, interférer avec l'équilibre soluté interne et l'absorption des nutriments, (Desclos *et al.*, 2008).

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur les sites métaboliques dans le cytoplasme (Jabnourne, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux.

A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires (Ben Yahmed, 2013).

Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (Sentenac et Berthomieu, 2003 ; Bouchoukh, 2010).

Les effets osmotiques des sels sur les plantes sont le résultat de l'abaissement du potentiel hydrique du sol dû à l'augmentation de la concentration du soluté dans la zone racinaire (Collins *et al.*, 2008 ; Rubio *et al.*, 2008).

En effet, avec des potentiels hydriques du sol très faibles, cette condition interfère avec la capacité de la plante à extraire l'eau du sol et à maintenir la turgescence ; pour que la plante puisse absorber l'eau du sol, il est nécessaire que son potentiel hydrique soit plus négatif que celui du sol. Dans ces conditions, elle va pouvoir abaisser son potentiel hydrique par réajustement osmotique tout en maintenant la turgescence cellulaire (Laloi, 2010). La plupart de ces composés organiques accumulés dans le cytoplasme sont appelés des solutés compatibles, car ils n'interagissent pas avec les enzymes. Parmi ces solutés compatibles, on trouve la proline (Belkhodja, 2000 ; Cushman 2001; Chen et Murata 2002; Rontein *et al.*, 2002; Munns 2005; Majumder *et al.*, 2010 ; Snoussi et Abbad, 2012 ; Arbaoui, 2016) la glycine bêtaïne (Abraham *et al.*, 2010 ; Gupta et Huang, 2014), et les sucres (Dubois, 2001; Munns *et al.*, 2005 ; Bouhaddi, 2009), alcools tel que le sorbitol ou le mannitol (Ben Yahmed, 2013).

D'après certains chercheurs, l'accumulation des sucres solubles est importante chez les feuilles d'*Atriplex halimus* et d'*Atriplex canescens* soumises au stress salin (Bidai, 2017). Ouis (2016) confirme qu'il existe des corrélations positives entre les teneurs en galactose et le rhamnose, et les concentrations élevées en NaCl chez les jeunes plantes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.).

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses mono ou dicotylédones soumises à un stress salin (Rhodes *et al.*, 2002 ; Silva Ortega *et al.*, 2008), mais aussi aux polyamines, via l'ornithine et l'arginine (Bartels et Sunkar, 2005 ; Majumder *et al.*, 2010). La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Silva-Ortega *et al.*, 2008). En plus du rôle osmotique attribué à la proline, celle-ci intervient dans la détoxification des formes actives d'oxygène (Kocsy *et al.*, 2005) et la stabilisation des protéines (Ashraf et Foolad, 2007), et constituerait une source de carbone et d'azote (Teige, 2004, Hanana, 2014).

Les formes actives d'oxygène, telles que le peroxyde d'oxygène (H_2O_2), les radicaux superoxydes (O^{2-}) et les radicaux hydroxyl ($HO\bullet$), sont produits au cours des processus cellulaires suite aux stress abiotiques, notamment la salinité (Brosche *et al.*, 2010). La production excessive de ces composés provoque des dégâts oxydatifs, et ils deviennent toxiques pour la cellule (Mahajan *et al.*, 2008).

Le radical hydroxyl, par exemple, risque d'endommager les structures chlorophylliennes, protéiques, nucléiques et lipidiques, et par conséquent entraver le métabolisme cellulaire, mais risque également d'endommager la physiologie de la plante et finalement la croissance et le rendement (Imlay et Linn, 1986). Par conséquent, la plante doit constamment déployer ses mécanismes de défense pour pallier à ces dommages. De ce fait, et afin d'éliminer ces formes actives d'oxygène, les plantes possèdent des antioxydants, de nature non enzymatique, de faible masse moléculaire, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes (Raphaël, 2016; Taïbi *et al.*, 2016; Triki *et al.*, 2017) les anthocyanes et l'acide ascorbique (Valko *et al.*, 2006 ; Ashraf, 2008 ; Castaneda-Ovando *et al.*, 2009 ; Lyubenova et Schroeder, 2010 ; Belyagoubi- Benhammou, 2011).

II- La fluridone

➤ L'origine de la fluridone

La fluridone est un herbicide systémique développé dans les années 1970. Jusqu'en 1979 ; la fluridone a été classée comme un herbicide expérimental (West *et al.*, 1983).

Cet herbicide est appliqué au milieu aquatique pour contrôler principalement les plantes aquatiques nuisibles ou envahissantes (Gregory *et al.*, 2009). Le produit est fourni sous forme granulaire ou liquide. Dans les premiers temps, la fluridone était commercialisée en Syrie par Elly Lilly. Actuellement, cette matière active est la propriété de SONAR, société qui a acheté tous les droits de la fluridone en 1994 (Tomlin, 2004).

➤ Formule et propriétés chimiques de la fluridone

La fluridone appartient à une famille chimique non-classée, la formule générale est de ($C_{19}H_{14}F_3NO$).

Selon la nomenclature de Getsinger (2002) la fluridone correspond à 1-méthyl-3-phenyl-5-(3-trifluorométhyl-phenyl)-4(1 H) pyridinone.



La fluridone se présente sous forme de cristaux inodores de couleur blanche. Sa masse moléculaire est d'environ 329,32 g/mole Son point d'ébullition est à 154-155°C et sa tension de vapeur est de $1,10^{-7}$ mm Hg à 25°C. Elle est soluble dans l'eau à 12 mg/l à 25°C et à un pH=7

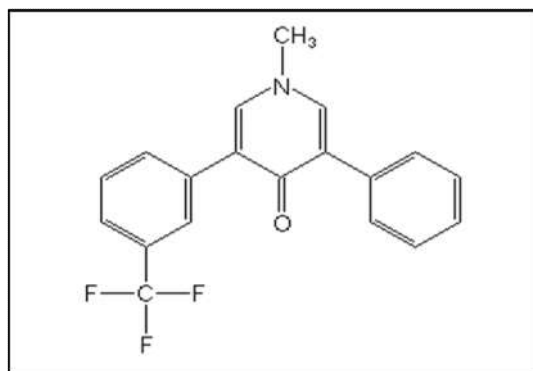


Fig.1-Structure chimique de la fluridone.

➤ Application de la fluridone

La fluridone est utilisée pour gérer la végétation aquatique dans les étangs d'eau douce, les lacs, les réservoirs et les canaux d'irrigation (Debbie, 2004 ; Arias *et al.*, 2005 ; Durkun, 2008 ; Mistrella, 2008). Elle est également utilisée pour contrôler les mauvaises herbes à feuilles larges et graminéens annuels. Pour être plus efficace, elle doit être appliquée en post levée (Waldrep et Taylor, 1976). En outre, son application doit être faite avant la croissance active des mauvaises herbes, ou en tout temps pendant le printemps ou l'été lorsque les mauvaises herbes sont visibles (Mosller, 1995).

La fluridone est un herbicide à action lente, qui peut agir à faible dose. Sa concentration dans l'eau doit être maintenue à des niveaux phytotoxiques qui permettent de contrôler efficacement la végétation cible sur une période de temps prolongée (Mistrella, 2008).

L'étude de Yu et Griffith (2001) confirme qu'un prétraitement de la fluridone atténue partiellement les effets du stress thermique de façon significative à des températures élevées (42°C), ainsi que la sécheresse, le gel et la salinité.

Plusieurs chercheurs montrent que la fluridone inhibe la biosynthèse de l'acide abscissique (ABA) (David, 2005 ; Boumia, 2011), Par ailleurs, la fluridone stimule la germination des graines, la levée de la dormance (Worrad *et al.*, 2017). De plus, la fluridone inhibe la biosynthèse des strigolactones (Lopez-Raez *et al.*, 2008 ; Jamil *et al.*, 2010).

Gôraj Koniarska (2017) conclut que les paramètres physiologiques tels que la couleur et la maturation du fruit de la tomate sont affectées par le traitement de la fluridone. Il ajoute que, la fluridone inhibe fortement l'accumulation de lycopène péricarpe des fruits de tomate traités. Le même chercheur montre que la fluridone inhibe l'activité de la phytoène désaturase, une enzyme responsable de la conversion de phytoène ou phytofluène qui interfère dans la biosynthèse des caroténoïdes (l'inhibition de la caroténogénèse dans la maturation des fruits de la tomate), et parfois même inhibe la biosynthèse de la chlorophylle dans les plantes en croissance.

Noushina (2017) montre que l'application de la fluridone induit en réponse aux stress comme les blessures, l'anaérobiose, le traitement par l'auxine, le froid, et par la présence d'ions.

D'autres auteurs concluent que la fluridone provoque une diminution de la production d'éthylène ainsi qu'un ramollissement des fruits de la tomate (Sheng *et al.*, 2008, Zhang *et al.*, 2009), de la pomme (Chen-Shang-Wu et Zhang-Da-Peng, 2000) et de la pêche (Cao *et al.*, 2013).

Pech *et al.*, (2013) ont montré que la fluridone injectée dans le fruit de la tomate verte diminue l'adoucissement tardif des fruits.

Une étude expérimentale prouve que la fluridone joue un rôle dans la division du méristème de la racine d'*Arabidopsis* (Wong, 2010).

III- Les composés phénoliques et les glucides

Les plantes produisent, en plus des molécules de base, un grand nombre de composés qui ne sont pas issus directement de la photosynthèse, mais résultent des réactions chimiques ultérieures; ces composés sont appelés métabolites secondaires (He *et al.*, 2008). Ils sont produits en très faible quantité, et présentent une grande variété structurale (Hartmann, 2007). Pour cela les produits naturels sont les principales sources de molécules bioactives (Priva et Aparna, 2012). Parmi les métabolites secondaires bioactifs présents dans les plantes il y a la classe des composés phénoliques qui regroupe les polyphénols, les tanins, les quinones, les coumarines et les flavonoïdes.

Durant ces dernières années, plusieurs chercheurs se sont intéressés aux composants phénoliques à cause de leur pouvoir pour piéger les radicaux libres et à cause des bienfaits potentiels de leur consommation sur la santé humaine (Goupy *et al.*, 2003 ; Spencer *et al.*, 2004 ; Manach *et al.*, 2006 ; Quideau *et al.*, 2011). Les composés phénoliques regroupent un vaste ensemble de plus de 8.000 molécules, divisées en une dizaine de classes chimiques, qui présentent tous un point en commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles OH (Hennebelle *et al.*, 2004).

Ils sont retrouvés dans de nombreux fruits et légumes, le café, les prunes, les myrtilles, le raisin et les pommes et possèdent des activités anti-oxydantes et anti-radicalaires, en particuliers l'acide caféique et l'acide gallique (Bossokpi, 2002 ; Leopoldini *et al.*, 2011 ; Boubekri, 2014).

1- Les polyphénols

Les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des végétaux, caractérisés par la présence au moins d'un noyau benzénique auquel est lié au groupement hydroxyle libre, ou engagé dans d'autres fonctions (Lugasi *et al.*, 2003).

Les polyphénols sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs : racine, tiges, feuilles, fleurs et fruits (Boizot et Charpentier, 2006). Ils forment un très vaste ensemble de substances chimiques et peuvent être classifiés selon le nombre et l'arrangement de leurs atomes de carbones.

Ces molécules sont généralement conjuguées aux sucres et aux acides organiques. Les phénols sont surtout des antiseptiques et des antalgiques (Wichtl et Anton, 2003). Les acides phénoliques, comme l'acide rosmarinique, sont fortement anti-oxydants et anti-inflammatoires et peuvent avoir des propriétés antivirales (Nowitz et Bottet, 2000).

2- Les tanins

Les tanins sont un groupe diversifié de métabolites secondaires des plantes qui ont deux caractéristiques communes : tous sont des poly phénols et ont la capacité de fixer les protéines (Harvey, 2006). Les tanins sont des constituants naturels du thé vert, du vin rouge, et d'autres produits végétaux (Keil *et al.*, 2004 ; Peronny, 2005). Ces composés interviennent dans l'inhibition de la peroxydation lipidique, aussi dans l'oxydation de l'acide ascorbique (Perret, 2001).

Lors de la peroxydation, les tanins donnent des protons face aux radicaux libres, et ainsi, des radicaux tanniques stables sont formés, ce qui permet de stopper la réaction en chaîne de l'auto-oxydation lipidique (Ekoumou, 2003). Chez les végétaux supérieurs, il y a deux groupes de tanins qui diffèrent par leur structure et leur origine biogénétique : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Biaye, 2002).

Les tanins hydrolysables sont des oligo ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acide phénolique alors que les tanins condensés ce sont des polymères ou oligomères flavaniques (Khanbaba et Ree, 2001). Les tanins ont de grandes capacités anti-oxydantes dues à leurs noyaux phénols, ils sont 15 à 30 fois plus efficaces que les phénols simples (Peronny, 2005).

Les tanins sont très répandus dans le règne végétal, ils sont particulièrement abondants chez les conifères, les fagacées et les rosacées (Ghestem *et al.*, 2001).

Tous les organes végétaux peuvent en renfermer : l'écorce, le bois, les feuilles, les fruits, les racines et les graines (Khanbabaee et Ree, 2001).

Selon Peronny (2005), les tanins sont présents dans une variété de plantes utilisées dans l'alimentation, notamment les céréales, les légumineuses (sorgho, millet, orge, haricots secs, petits pois, caroube) et les fruits (pomme, mûre, canneberge, datte, raisin, aubépine, pêche, poire, kaki, prune, framboise et fraise).

3- Les quinones

Les quinones sont des composés intéressants qui ont des caractéristiques uniques et plusieurs rôles importants. Ils sont largement distribués dans la nature.

Ils ont un rôle important dans la chaîne de transport d'électrons pour maintenir les fonctions biologiques des plantes et des animaux (Naoya et Naotaka., 2014). En plus de ces rôles biologiques, les quinones sont attachées aux composés phénoliques simples. Certaines quinones plus complexes, où la partie aromatique est liée à une chaîne latérale isoprénique, assurent souvent des fonctions biologiques essentielles chez les êtres vivants, en particulier le transfert des électrons dans les mitochondries et les chloroplastes (Macheix *et al.*, 2005).

4- Les coumarines

Les coumarines sont surtout présentes chez les dicotylédones et abondantes dans certaines familles (Rutaceae, Fabaceae, Apiaceae, Oléaceae, Loganiaceae, Solanaceae, Asteraceae et Hippocastanaceae). Elles sont formées dans les feuilles et s'accumulent surtout dans les racines et les écorces, ainsi que dans les tissus âgés ou lésés.

Les coumarines de différents types se trouvent dans de nombreuses espèces végétales et possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Igor, 2002).

5- Les flavonoïdes

Les flavonoïdes désignent une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des composés phénoliques (Marfak, 2003).

Ils sont amplement répandus dans le règne végétal tant dans les graines que les fleurs, les fruits et les feuilles (Dacosta, 2003 ; El Gharras, 2009). Ces molécules sont considérées comme des pigments universels des végétaux.

Les flavonoïdes sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Bruneton, 1999), et ils sont beaucoup utilisés en systématique des plantes, probablement parce que leur extraction et leur identification sont assez faciles (Walter *et al.*, 2002). Ils existent le plus souvent à l'état naturel sous forme d'hétérosides (Ghestem *et al.*, 2001).

Les formes hétérosidiques des flavonoïdes hydrosolubles s'accumulent dans les vacuoles et, selon les espèces, se concentrent dans l'épiderme des feuilles, ou se répartissent entre l'épiderme et le mésophylle. Dans le cas des fleurs, ils sont concentrés dans les cellules épidermiques (Bruneton, 1999).

La classe des flavonoïdes comporte plus de 4.000 substances qui ont été isolées et identifiées à partir des milliers de plantes (Forkmann et Martens, 2001).

Ils sont classés en plusieurs catégories : flavonols, flavones, flavanones, chalcones, flavanes, isoflavones et anthocyanes (Derbel et Ghedira, 2005; Fraga et Oteiza, 2011).

L'activité du piégeage des radicaux libres est l'un des mécanismes importants de l'activité antioxydante pour les flavonoïdes. Ce mécanisme est lié à leur structure et à l'arrangement des groupements hydroxyles (Sokol Letowska *et al.*, 2007).

La propriété antiradicalaire des flavonoïdes est dirigée principalement vers HO• et O²•⁻, ainsi que les radicaux peroxy (ROO•). Par ailleurs, l'inhibition des enzymes présente un autre mécanisme de l'activité antioxydant des flavonoïdes. En effet, les flavonoïdes peuvent agir sur l'activité de la xanthine oxydase.

Une étude a montré que les flavonoïdes sont aussi des bons inhibiteurs d'autres enzymes responsables de la production des radicaux libres comme la cyclooxygénase et la lipooxygénase (Marfak, 2003).

6- Les glucides

Les glucides forment un groupe de composés très importants et fondamentaux chez les végétaux, car ils forment les composés de base dans la synthèse des lipides et des protéines.

Les glucides sont des indicateurs de degré de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité. Les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose et fructose) permettent la résistance aux différents stress. Ils jouent un rôle prédominant dans la vie de la plante, car ils sont produits par la photosynthèse, transportés vers les tissus profonds et canalisés, la respiration est convertie en composés de réserves (lipides, saccharose, amidon) qui sont éventuellement dégradés (Loretti *et al.*, 2001).

IV- Présentation d'*Abelmoschus esculentus* L.

1- Systématique de l'espèce (Classification phylogénétique APG II, 2003).

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

2- Origine de l'espèce

Abelmoschus esculentus L. est l'une des espèces les plus connues de la famille des Malvacées (Hussain *et al.*, 2006 ; Naveed *et al.*, 2009 ; Ouedraogo, 2009). Elle était auparavant incluse dans le genre *Hibiscus*. Plus tard, elle a été désignée par *Abelmoschus*, qui se distingue du genre *Hibiscus* (Aladele *et al.*, 2008).

Le gombo est connu sous de nombreux noms locaux dans différents pays du monde : le doigt de femme en Angleterre, le *gumbo* aux États-Unis d'Amérique, *quimgombo* en espagnol, *quiabero* en portugais, *bhindi* en Inde, *bamiah* en arabe.

Le nom *okra* est également une déformation d'un mot appartenant à une langue africaine. Le mot est couramment utilisé par les Allemands et les Espagnols, mais est beaucoup moins employé dans la francophonie, du moins en Europe.

L'origine de l'espèce *Abelmoschus esculentus* L. reste obscure. On ne sait pas avec certitude, mais plusieurs chercheurs pensent que le gombo, ou bien okra, est originaire d'Éthiopie (Getachew, 2001 ; Simmone *et al.*, 2004 ; Dandena, 2010 ; Sathish et Eswar, 2013 ; Habtamu Fekadu *et al.*, 2014). Il a ensuite été propagé en Afrique du Nord, en Méditerranée, en Arabie et en Inde au XII^{ème} siècle (Nzikou *et al.*, 2006).

Le gombo a été importé en Europe par les Maures des espagnols au XII^{ème} siècle. En Amérique, la plante a été introduite au XVIII^{ème} siècle par les esclaves (Zachary *et al.*, 2012). Aujourd'hui, il est répandu dans la plupart des régions tropicales et sous-tropicales de la planète.

3- Répartition géographique et exigences climatiques et édaphiques

Le gombo est une plante originaire d'Afrique, connu depuis l'année 1216. (McLeod et Ames, 1990) .Il est cultivé dans de nombreux pays comme le Japon, la Turquie, l'Iran, l'Ouest Afrique, la Yougoslavie, le Bangladesh, l'Afghanistan, le Pakistan, la Malaisie, la Thaïlande, l'Inde, le Brésil, l'Éthiopie, et dans le sud des États-Unis (Qhureshi, 2007).

Le gombo est une espèce bien adaptée aux climats chauds et humides. Il est sensible à la sécheresse, mais cette sensibilité varie suivant les phases du cycle (Sawadogo *et al.* 2006).

Abelmoschus esculentus L. ne supporte pas des températures nocturnes trop basses. Il nécessite des températures supérieures à 20°C pour avoir une croissance normale.

L'initiation florale et la floraison sont retardées à mesure que la température s'élève (De Lannoy, 2001). Par contre, Nana (2005) a rapporté que les meilleurs rendements sont obtenus en période chaude.

Le gombo est une plante photopériodique. C'est une plante à jours courts, cependant sa large répartition géographique jusqu'à des latitudes de 35-40° indique qu'il y a des différences marquées entre cultivars (Siemonsma et Hamon, 2004).

Le gombo tolère une grande diversité de sols. Cependant, il préfère les sols profonds, limono-sableux, bien drainés et riches en matières organiques (De Lannoy, 2001 ; Siemonsma et Hamon, 2004 ; Lim et Chai, 2007). Le pH optimal pour la culture du gombo varie de 6 à 7

4- Description botanique

L'*Abelmoschus esculentus* L. est une herbacée annuelle robuste, dressée à la base pouvant atteindre 3 à 4 m de hauteur, plus ou moins ramifiée suivant les variétés (Singh *et al.*, 2005).



(a)



(b)

Fig.2- Graines de gombo (a) ; Plante de gombo (b) (DAHILI, 2019)

La tige principale est cylindrique, lignifiée ultérieurement, de couleur verte souvent tachetée de rouge avec des poils raides disséminés, glabrescents. Sur le plan agricole, on distingue deux groupes de variétés, l'espèce à tige courte et celle à tige longue (Siemonsma et Hamon, 2004).

Les feuilles d'*Abelmoschus esculentus* L. disposées en spirale, simples stipulées de forme et de taille variables. Elles sont de couleur verte à rouge, leurs pétioles atteignent 35-50 cm de long souvent tachées de rouge et portent des poils raides disséminés

Le système racinaire d'*Abelmoschus esculentus* L. relativement important, il est constitué d'une racine pivotante avec de nombreuses racines secondaires.

Ce système lui permet, d'une part, de fixer la plante en profondeur et, d'autre part, de puiser l'eau et les sels minéraux dont elle a besoin (De Lannoy, 2001).

Les fleurs de gombo, comme celles de la plupart des malvacées, sont axillaires, solitaires et de grande dimension, couvertes de poils raides disséminés. Elles sont de couleur crème ou jaune avec une coloration rouge à la base des cinq pétales libres.

Le fruit est une capsule érigée, cylindrique à pyramidale, fusiforme, de section ronde (fruit lisse) ou anguleuse (5 à 10 arêtes par fruit). Sa coloration est variable (rouge-violet, vert rougeâtre à vert foncé, vert pâle à jaune), les fruits peuvent être duveteux, légèrement rugueux ou épineux, et peuvent contenir jusqu'à 100 graines. Ils sont récoltés frais quelques jours après la floraison (De Lannoy, 2001).

Les graines de gombo sont de forme globuleuse à ovoïde ou duveteuses (3-6 mm de diamètre), elles sont assez grosses, de couleur grise et portent rarement de poils rouges sur le tégument (De Lannoy, 2001).

5- Production de gombo

Le gombo est une plante annuelle, de la famille des *Malvaceae*. Il constitue de nos jours un légume très économique pour les communautés pauvres du fait de son fort potentiel de vente sur les marchés ruraux et urbains. D'après Fondio *et al.*, (2007), la production annuelle en Côte d'Ivoire est d'environ 100.000 tonnes.

Aussi le gombo est cultivé sur toute l'étendue du territoire ivoirien. Au Bénin, la culture du gombo est très faible et ne fournit que 42.816 tonnes/an pour une superficie moyenne de 13.272 ha/an, soit un rendement de 3,23 tonnes/ha (Faostat, 2013).

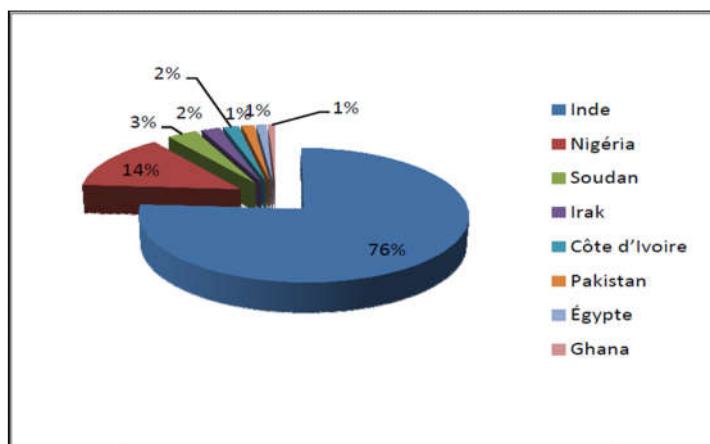


Fig.3- Production du gombo dans le monde (FAO, 2011)

Selon la FAO (2011), le premier producteur du gombo dans le monde est l'Inde (5.884.000 tonnes) qui représente 76% de la production mondiale. Suivie par le Niger (le premier pays producteur de gombo en Afrique) qui produit d'environ 14% de production mondiale. Cette espèce est également cultivée en Egypte qui se classe en septième position après le Soudan, l'Irak, et le Pakistan, avec une production de 84.041 tonnes.

6- Valeur nutritive d'*Abelmoschus esculentus* L.

- Les antioxydants

Le gombo contient de faibles quantités de composés antioxydants, comme le β -carotène, la lutéine et la zéaxanthine, et une plus grande quantité d'un autre de ces composés comme la quercétine. Une portion de 100 g de gombo frais fournit 11 mg de quercétine.

En comparaison, l'oignon, qui constitue l'une des principales sources de quercétine dans l'alimentation, en contient de 13 mg à 20 mg par 100 g. (Shui et Peng, 2004 ; Huang *et al.*, 2007).

- Les fibres alimentaires

Les fibres alimentaires ne se retrouvent que dans les produits végétaux. Elles regroupent un ensemble de substances qui ne sont pas digérées par l'organisme (Marlett *et al.*, 2002). Elles sont classifiées en deux groupes principaux : les fibres solubles et les fibres insolubles. Le gombo contient une proportion élevée de fibres solubles, soit 40 % de son contenu en fibres alimentaires totales (Fernandez, 2001 ; Dikeman et Fahey, 2006).

- Les gommes

Le gombo contient une gomme mucilagineuse importante peu utilisée dans diverses préparations alimentaires. Les études de Romanchik-Cerpovicz *et al.*, (2006) montrent qu'elle pourrait servir de substitut de matières grasses dans certaines préparations. Elle peut être aussi utilisée comme épaississant dans diverses préparations culinaires (soupes, ragoûts, etc). Egalement, elle pourrait remplacer une certaine quantité de matières grasses dans les biscuits et les desserts congelés à base de lait.

- Les huiles

Depuis les années 1950, divers chercheurs se sont penchés sur la composition de l'huile tirée des graines de gombo. Selon une étude faite par des chercheurs africains (Nzikou *et al.*, 2006), cette huile présenterait un bon profil lipidique, meilleur que celui de l'huile de maïs, de tournesol ou de pépins de raisin.

- Les glucides et les mucilages

Les fruits de gombo sont riches en glucides, qui présentent d'environ 7 à 8 % de la matière sèche. Les principaux composants sont le galactose (25%), le rhamnose (22%), l'acide galacturonique (27%) et les mucilages, ces dernières présentent la classe principale des composants glucidiques de gombo (Benchasri, 2012).

- Les protéines et les lipides

Les graines de gombo contiennent environ 20% de protéines – dont la composition en acides aminés est comparable à celle des protéines du soja – et environ 20% de lipides – dont la composition en acides gras est comparable à celle de l'huile de graines de coton (Benchasri, 2012).

- Les acides aminés

Le gombo c'est une bonne source d'acide aspartique et d'arginine qui représentent 10 % des acides aminés totaux.

De plus le gombo est très riche en sels minéraux et en vitamine comme le calcium (63 mg pour 100 g), le phosphore (56 g pour 100g), le magnésium (43 mg pour 100g), le sodium (45 mg pour 100 g), le fer (0,4 mg pour 100 g), le manganèse, le cuivre, ainsi que les vitamines C (16,3 mg pour 100 g), vitamine B2, B3, B6, B9, k et A (Benchasri, 2012).

7- La plantation et la croissance

Les espèces du genre *Abelmoschus* sont des herbacées annuelles la plupart du temps, pérennes parfois (pour quelques espèces sauvages), qui se multiplient par graines.

Le gombo est cultivé presque toute l'année, mais elle se développe mieux pendant la saison chaude et humide. Elle demande des températures minimales de l'ordre de 20 °C et peut être semée sur une très large gamme de sols, mais de préférence les sols aux pH compris entre 6 et 7.

La fertilisation est rarement pratiquée, il est recommandé d'appliquer un engrais organique avant le semis, puis de réaliser un apport d'urée et de chlorure de potassium en deux ou trois applications.

La plantation des jeunes plants en pleine terre s'effectue de la mi-mai lorsqu'il n'ya plus de risque de gel.

Les arrosages des cultures de gombo doivent d'être fréquents, un arrosage tous les deux jours : une plante adulte consomme l'équivalent de 8 millilitres d'eau par jour (Priya Singh, 2014).

Le gombo a une croissance indéterminée. Il commence à fleurir 1 à 2 mois après le semis, qui a lieu au début de la grande saison des pluies.

Le fruit est une capsule à croissance rapide. Celui-ci est récolté quelques jours après le début de sa croissance (Hamon et Charrier, 1997).

Les fleurs de gombo ont souvent une pollinisation entomophile, elles sont hermaphrodites et ne possèdent pas de système d'auto-incompatibilité. Ceci permet à la fois l'autogamie et l'allogamie, cette dernière se produisant à des taux relativement variables de 0 à 69 % en populations naturelles, mais il est souvent très faible (Hamon et Koechlin, 1991).

Les fruits contiennent des graines rondes et blanches très sensibles aux gelées qui peuvent être facilement endommagées. Ils sont récoltés lorsqu'ils sont immatures et consommés comme légumes. Les graines deviennent rapidement fibreuses et ligneuses. Pour être comestibles, elles doivent être récoltées dans la semaine après la pollinisation des fruits (Priya Singh, 2014).

8- Intérêts alimentaire et médical du gombo

Le gombo occupe aujourd'hui une place non négligeable. La production annuelle dans le monde serait de l'ordre de 5 à 6 millions de tonnes.

En Afrique de l'Ouest, les gombos occupent la deuxième place dans la production légumière, après les tomates (Hamon et Charrier, 1997). La majorité de cette production concerne *Abelmoschus esculentus* L.

Le gombo est un légume typique de l'alimentation africaine. Il est consommé cru, cuit et parfois sous forme déshydratée. Sa saveur et sa texture sont particulières.

Les gombos sont principalement cultivés dans un but alimentaire. Ce sont ses fruits qui sont consommés, comme condiment ou comme liant dans les sauces (Hamon et

Charrier, 1997). Ils sont aussi une bonne source dans l'élevage des animaux (Mihretu *et al.*, 2014).

Outre ses usages, le gombo fournit des fibres qui sont utiles pour la fabrication du papier et des cordages. De plus les gommes de graines sont utilisées pour la production de pétrole. Les graines peuvent être aussi rôties et broyées pour créer une source de café sans caféine (Calisir et Yildiz, 2005). Les gousses immatures sont également utilisées pour fabriquer des cornichons (Madison, 2008 ; Maramag, 2013). Ces graines, en plus de fournir une huile comestible, sont riches en phospholipides, des composés ayant de nombreuses applications.

En ce qui est de l'intérêt médicinal, le gombo est signalé dans la guérison des ulcères et le soulagement des hémorroïdes. Des parties non spécifiées de la plante ont été remarquées comme possédant des propriétés diurétiques (Felter *et al.*, 2011), ce qui est mentionné dans de nombreuses sources associées à la médecine traditionnelle à base de plantes. Le gombo a trouvé une application médicale comme remplacement du plasma ou dilateur du volume sanguin (Lengsfeld *et al.*, 2004 ; Adetuyi *et al.*, 2008 ; Kumar *et al.*, 2010). C'est aussi une bonne source d'iode, qui est utile dans le traitement du goitre simple, et la source d'autres composés médicalement utiles (Moaward *et al.*, 1984). Il s'agit de troubles génito-urinaires très utiles, de spermatorrhée et de dysenterie chronique (Nandkarni, 1927).

Les tests effectués en Chine suggèrent qu'un extrait d'alcool de feuilles de okra peut éliminer les radicaux libres d'oxygène, atténuer les maladies interstitielles tubulaires rénales, réduire l'urée protéique et améliorer la fonction rénale (Liu *et al.*, 2005 ; Kumar *et al.*, 2009).

Selon plusieurs études prospectives et épidémiologiques, une consommation élevée de fruits et de légumes diminuerait le risque de maladies cardiovasculaires et de certains cancers (Bazzano *et al.*, 2003).

MATERIEL ET METHODES

I. Matériel végétal

Les graines utilisées dans cette étude sont prélevées de la collection de laboratoire de Physiologie Végétale de l'université d'Oran I Ahmed Ben Bella durant le mois de Juillet 2010 à partir de plantes naturelles récoltées de la région de Nechmaya au Sud de Annaba. Les graines ont été conservées dans un réfrigérateur jusqu'à l'application des tests expérimentaux.

II. Méthodes

1- Phase de germination

a. Préparation des semences

Les graines sont désinfectées à l'hypochlorite de sodium à 0.8 % pendant trois minutes. Les graines sont ensuite rincées à l'eau distillée plusieurs fois pour éliminer les traces de chlore et séchées sur papier filtre stérile.

Les testes de germination sont réalisés en 15 répétitions de 10 graines par boîte de Pétri stériles tapissées de deux couches de papier filtre Wattman humidifiées. Les boîtes Pétri sont déposées dans une étuve dotée d'un thermostat assurant une stabilité thermique convenable (25°C, la température optimale de germination).

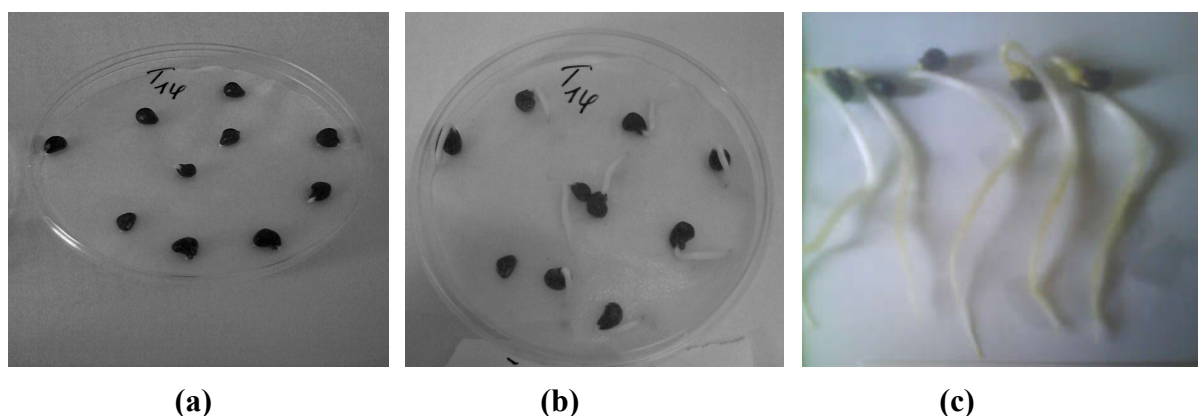


Fig.4- Graines témoins *d'Abelmoschus esculentus* L. après un jour de germination (a).
Graines témoins *d'Abelmoschus esculentus* L. après 3 jours de germination (b).
Graines témoins *d'Abelmoschus esculentus* L. après 5 jours de germination (c).

b. Application des traitements

Dans chaque boîte Pétri sont versés 7 ml d'eau distillée stérile pour les graines témoins et 7 ml pour les graines traitées aux différentes solutions de la fluridone 10 μ M et 20 μ M associées ou non aux solutions salines de NaCl à deux concentrations 25 mM et 50 mM.

La germination est définie dès l'apparition de la pointe de la radicule à travers l'enveloppe et sortie de 1mm hors des téguments de la graine et devenu visible à l'œil nu selon COME (1970).

c. Paramètres de germination

Les tests sont réalisés sur les graines d'*Abelmoschus esculentus* L. germées dans le but de connaître:

- La capacité de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L sous l'effet combiné de la fluridone et NaCl à la température de 25°C
- Les variations des principaux composants biochimiques sensibles aux stress abiotiques (les sucres totaux et les composés phénoliques) pendant le stade de germination.

• Estimation du taux de germination

Sur la base du nombre total de graines utilisées (Nt), nous calculons le pourcentage des graines en germination (Ni) selon la relation : $Tg = Ni \times 100 / Nt$

Tg : Taux de germination

Ni : nombre de graines germées

Nt : nombre totale des graines

• Cinétique de germination

La cinétique de germination représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction de temps. Cette cinétique est établie à partir des taux cumulés des graines germées, c'est-à-dire, la variation des taux de germination en fonction du temps exprimé en jour.

• Vitesse de germination

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

- 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).

$$Cv = (N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n / N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n) \times 100$$

$$T_m = N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n / N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$$

N₁ : Nombre de graines germées au temps T₁

N₂ : Nombre de graines germées entre le temps T₁ et T₂

N₃..... N_n: Nombre de graines germées e au temps T₃ jusqu'au temps T_n

2. Analyses des paramètres biochimiques des graines germées

a- Préparation de matériel végétal

Quand la germination est confirmée (6 jours après l'application du traitement), les graines sont enveloppées séparément dans du papier aluminium, numérotées et pesées. Puis, elles sont séchées à 50°C pendant 48 heures. Après, les échantillons sont pesés avant qu'ils soient broyés à l'aide d'un mortier. La fine poudre obtenue est conservée dans des piluliers bien fermés et placés au congélateur jusqu'à l'analyse.

Les poids frais et sec sont déterminés à l'aide d'une balance de précision de type OHUS SCALE corporation.

b- Analyse des sucres totaux

Le dosage des sucres est effectué selon la méthode Dubois et *al* (1956) ou méthode phénol /acide sulfurique.

- **Principe**

Le principe de cette méthode est qu'en milieu acide et à chaud, les liaisons glycosidiques des hydrocarbures sont hydrolysées. Les oses simples ainsi libérés subissent une déshydratation intramoléculaire pour donner des dérivés furfuraux.

La fonction aldéhyde des dérivés furfuraux se condense ainsi en milieux acides avec l'hydrolyse d'un composé phénolique pour donner des composées acétals ou hemi-acétals de couleur rougeâtre qui absorbe dans le visible (450-500 nm) dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration des sucres. Cette couleur reste stable durant plusieurs heures.

- **Extraction des sucres**

Le protocole d'extraction consiste à peser 100 mg de matériel végétal sec puis les verser dans 5 ml d'éthanol à 80% pendant 24h à température ambiante. En suite la filtration est effectuée à l'aide du papier filtre. Cet extrait est dilué par l'Ethanol; 1 ml de l'extrait filtré dans 10 ml d'éthanol à 80 %.

- **Dosage colorimétrique**

Dans des tubes à essais, on introduit 1 ml du filtrat dilué, puis on ajoute 1 ml de la solution de phénol (5%), les tubes sont soigneusement agités. puis 5 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés. Après séjour de 30 minutes à l'obscurité, les mesures d'absorbance sont effectuées à 490 nm.

Le calibrage du spectrophotomètre se fait avec un blanc contenant : 1 ml de phénol à 5%, 5 ml H₂SO₄ et 1 ml d'eau distillée.

Pour la détermination de la concentration en sucres totaux, une courbe d'étalonnage a été tracée pour différentes concentrations de glucose (annexe II, p 83).

Les teneurs en sucres totaux par rapport au point sec sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{TST (mg. 100 mg}^{-1}\text{ PS)} = ((C \times V) \div P) \times 100$$

C: Concentration des Sucres totaux en mg/ml

V: volume de l'éthanol (ml)

P: la prise d'essais (mg)

TST : Teneurs en sucres totaux (mg. 100 mg⁻¹ PS)

c – Analyse des composés phénoliques

Le dosage des composés phénoliques est effectué selon la méthode de Martin et Larry, 1977.

- **Principe**

Ce test est basé sur la réduction de fer ferrique en fer ferreux, ce qui aboutit à la formation d'un complexe ferreux-ferricyanide coloré ce produit est appelé (bleu de Prusse) qui absorbe dans la visible 720 nm (Martin et Larry ,1977).

- **Solubilisation**

Le protocole de solubilisation consiste à peser 20 mg de matériel végétale sec puis les verser dans 5 ml d'eau distillée pendant 24h à température ambiante, la filtration est effectuée à l'aide du papier filtre.

- **Dosage colorimétrique**

Dans des tubes à essais stériles, on introduit 1 ml d'extrait à analyser, puis 3 ml de la solution de FeCl₃ (0.1M dans HCl 0.1N) puis on ajoute 3 ml de K₃Fe (CN)₆ (0.008N)]. Les tubes sont soigneusement agités, puis les mesures de DO sont effectuées à 720 nm.

Le calibrage du spectrophotomètre se fait avec un blanc contenant 1 ml d'eau distillé, 3 ml de FeCl₃ (0.1M dans HCl 0.1N) et 3 ml de K₃Fe (CN)₆ (0.008N).

- **Expression des résultats**

Pour la détermination de la concentration en composés phénoliques, une courbe d'étalonnage a été tracée par différentes concentrations d'acide gallique (annexe II, p 83)

Les teneurs en composés phénoliques par rapport au point sec sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{TCP (mg. 100 mg}^{-1}\text{ PS)} = ((C \times V) \div P) \times 100$$

C: Concentration des composés phénoliques en mg/ml

V: volume d'eau distillée (ml)

P: la prise d'essais (mg)

TCP : Teneurs en composés phénoliques (mg. 100 mg⁻¹ PS)

d. Analyse qualitative

• Extraction

Deux solvants de polarité différente sont utilisés : l'eau distillée et l'éthanol absolu.

Pour 5g de Matériel végétal en poudre fine, on ajoute 100 ml de solvant ; les extraits sont macérés à froid et à l'obscurité 24 h puis sont filtrés à l'aide d'un papier Wattman. Les extraits ensuite soumis à des différents tests phytochimiques.

• Méthodes d'analyses

Une série des testes qualitatifs sur les différentes classes des métabolites secondaires est effectuée.

- Les tanins

A 2 ml de la solution à tester ajouter 2 à 3 gouttes de solution de FeCl₃ à 2%. Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleue-noire et un précipité (laisser reposer quelques minutes) (Karumi et *al.*, 2004).

- Les flavonoïdes

Traiter 5 ml de chaque extrait avec quelques gouttes de HCl concentré. Ajouter une quantité de tournures de magnésium (Laisser agir). La présence des flavonoïdes est confirmée par l'apparition d'une couleur rouge ou orange (Karumi et *al.*, 2004).

- Les coumarines

Placer 1g d'échantillon de la plante humide dans un tube à essai. Couvrir le tube avec un papier imbibé d'une solution de NaOH et le placer dans un bain marie pendant quelques minutes. Ajouter 0,5 ml de NH₄OH (10%). Mettre deux taches sur un papier filtre et examiner sous la lumière ultraviolette. La fluorescence des taches confirme la présence des coumarines (Benmehdi, 2000).

- Les anthraquinones

Bouillir 1 g de la plante pendant quelques minutes en présence de 10 ml de KOH 0,5 N et 1ml d'H₂O₂ à 5%. Refroidir le mélange, filtrer puis acidifier le filtrat avec l'acide acétique. Extraire la solution acide obtenue avec 10 ml de benzène. Agiter l'extrait benzénique en présence de 5 ml de NH₄OH. Une réaction positive est révélée par la formation d'une couleur rouge au niveau de la couche alcaline (Benmehdi, 2000).

- Les mucilages

Mélanger 1 ml d'extrait aqueux et 5 ml d'alcool absolu. Un test positif est révélé par l'apparition d'un précipité floconneux. (In Medjdoub H., 2010).

- Les saponosides

• Test 1

5 ml de la solution à tester sont bien mélangés avec 10 ml d'eau distillée pendant 2 mn. La formation d'une mousse persistante après 15 mn confirme la présence des saponosides (Karumi et *al.*, 2004).

• Test 2

Evaporer 10 ml d'extrait éthanolique. Traiter le résidu obtenu avec 10 ml de chloroforme anhydre. Mélanger 5 ml de la solution chloroformique avec 5 ml d'anhydride acétique. Ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Agiter puis laisser reposer. L'apparition d'une coloration violacée fugace virant au vert confirme la présence des hétérosides stéroïdiques (Karumi et *al.*, 2004).

• Test 3

5 ml de la solution à tester sont mélangés avec 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré. Une couleur rouge-marronne de la couche d'interface indique la présence des triterpènes hétérosidiques (Edeoga, 2005).

II- phase végétative

1. Préparation des semis

Les graines d'*Abelmoschus esculentus* L. utilisées dans cette étude sont nettoyées à l'hypochlorite de sodium (0,8%) et rincées à l'eau distillée pour éliminer les traces de chlore.

Ces graines subissent ensuite un prés- trempage dans l'eau distillée et semées dans des alvéoles remplis de tourbe industrielle; un arrosage à l'eau distillée est effectué tous les deux jours pour assurer les besoins en eau.

Dès l'apparition des premières feuilles les plantules sont repiquées individuellement et soigneusement dans des pots remplis d'un mélange de sable/ tourbe industriel (2V/V). Ces plantules sont arrosées à la solution nutritive de Hoagland (1938) régulièrement.

L'expérimentation a été menée dans une serre faisant partie de laboratoire de physiologie végétale de l'université de Mustapha stambouli de Mascara.



A



B

Fig.5- Plantules d'*Abelmoschus esculentus* (L.) âgées de quelques jours sous serre (A).
Plantes d'*Abelmoschus esculentus* (L.) âgées de quelques semaines sous serre(B).

2. Application des traitements

Les plantes âgées de 104 jours sont réparties en 15 lots chaque lot contient 7 plantes, les lots subissent ensuite un stress au NaCl à 25, 50, 100 et 150 mM associé ou non à deux concentrations de la fluridone 10, 20 μ M.

La préparation de la solution de la fluridone consiste à peser 3,2 mg pour la concentration 10 μ M et 6,5 mg pour la concentration 20 μ M dissoudre dans un litre d'eau distillé ou de la solution saline de 25, 50, 100 et 150 mM de NaCl selon le traitement.

Durant une semaine de l'application de traitement, les plantes sont prélevées, les feuilles et les tiges et les racines sont séparées. Afin d'éviter toute contamination avec le substrat de culture, nous avons bien rincé les racines à l'eau et séché. Toutes les parties ensuite pesées pour prendre leurs poids frais. Le matériel végétal est placé dans une étuve à 80°C pendant 48 heures, puis finement broyé après la pesée de point sec et conservé dans des piluliers bien fermés à l'aide d'un bouchon plasma et placés au congélateur jusqu'aux analyses.

3. Analyse des sures et des composés phénoliques

Le dosage des sucres et des composés phénoliques est effectué selon la méthode Dubois et *al* (1956) et méthode au bleu de Prusse (Martin et Larry ,1977) respectivement.

RESULTATS

I- Influence combiné de la salinité et de la fluridone sur les paramètres de la germination du gombo.

1. Précocité de germination.

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.

Les figures 6, 7 et 8 montrent les variations des taux des premières graines germées sous l'effet du traitement à la fluridone (10 et 20 μ M), ainsi que le traitement au NaCl associé ou non à la fluridone (25 mM NaCl, 50 mM NaCl, 25 mM NaCl enrichi à 10 et 20 μ M, 50 mM NaCl enrichi 10 et 20 μ M).

a. Germination des graines sans NaCl en présence de fluridone.

La figure 4 illustre que la réponse des 1^{ères} graines germées est identique pour les lots testés à 10 μ M et 20 μ M de fluridone : la germination démarre le 1^{er} jour après le semis avec un taux le plus élevé dont la germination est estimée à 100%, soit une augmentation de 0,67% en comparaison au témoin (99,33%).

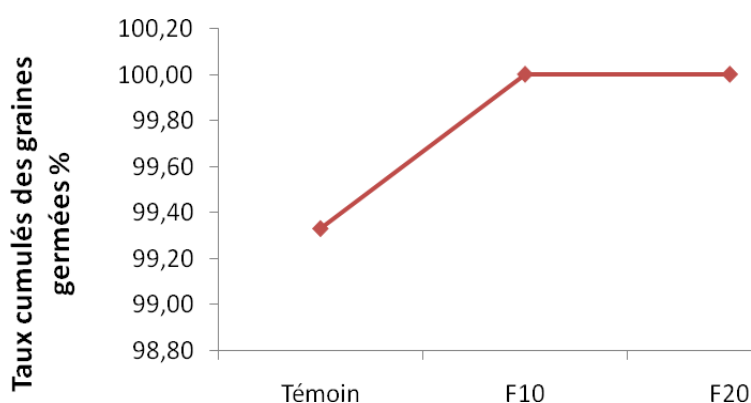


Fig.6- Précocité de germination (% des premières graines germées) des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone (F10 = fluridone à 10 μ M et F20 = fluridone à 20 μ M).

b. Germination des graines sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de fluridone.

La figure 7 montre que le traitement à 25 mM NaCl entraîne un ralentissement de la germination des graines par rapport au témoin (96,83% contre 99,33% pour le témoin).

L'application de la fluridone à 10 μ M et 20 μ M semble atténuer l'effet retardateur de la salinité à 25 mM NaCl, tout en favorisant la germination des graines qui se manifeste dès le 1^{er} jour après le semis avec des taux évalués à 100% et 99,83% respectivement.

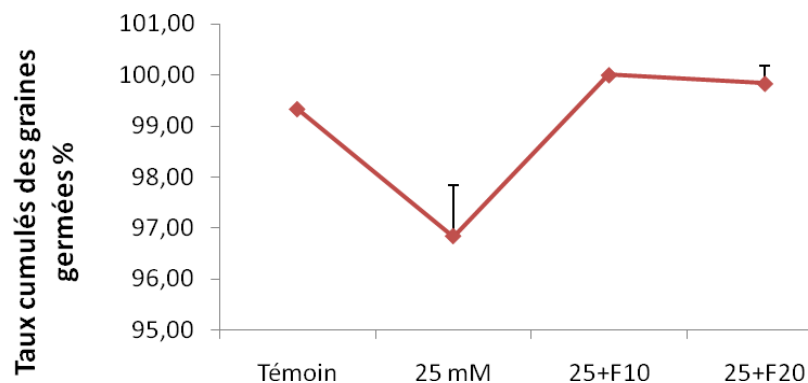


Fig.7- Précocité de germination (% des premières graines germées) des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone (μ M)

c. Germination des graines sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de fluridone.

La figure 8 montre que la contrainte saline à 50 mM NaCl sans et en présence de 10 μ M de fluridone induit des diminutions décelables du taux de germination. En effet, pour les lots des graines traitées à 50 mM NaCl et à 50 mM+10 μ M de fluridone, les premières graines germées apparaissent le 1^{er} jour après le semis avec une réduction du taux de germination de 2,83% et 3,33% comparativement au témoin (99,83%). Ce taux évolue de manière croissante dès que la fluridone est apportée à 20 μ M.

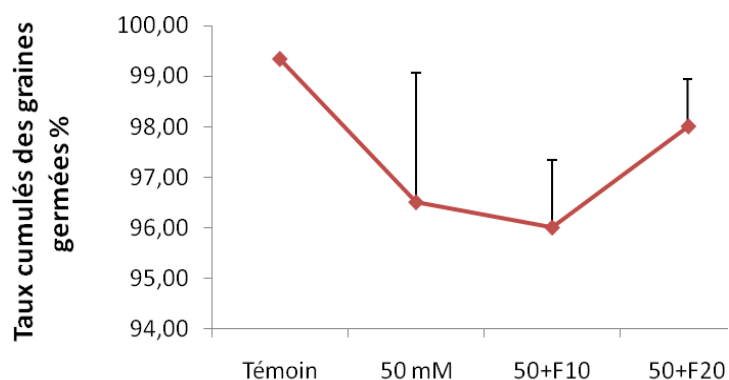


Fig.8- Précocité de germination (% des premières graines germées) des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone (μ M)

2. Cinétique de germination des graines.

a. Cinétique de germination des graines sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non la fluridone

La cinétique de germination représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction de temps. Cette cinétique est établie à partir des taux cumulés des graines germées, c'est-à-dire la variation des taux de germination en fonction du temps exprimé en jour sous toutes les conditions de traitement.

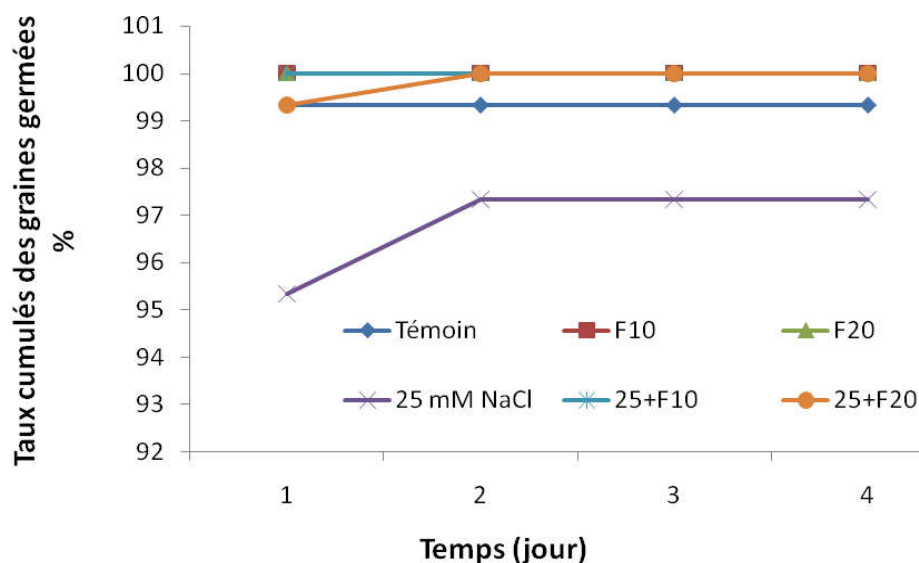


Fig.9- Cinétique de la germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 9 montre que le traitement à 10 μ M et 20 μ M provoque une évolution de la germination progressant rapidement par rapport au témoin. En effet ce traitement induit un taux cumulé de germination de 100% dès le 1^{er} jour après le semis, soit une augmentation de 0,67% par rapport au témoin (99,33%).

Par ailleurs, les lots des graines traitées à 25 mM+ F10 et 25 mM+ F20 présentent une évolution dont le taux cumulé des graines germées progresse de façon presque identique, excepté les graines traitées à 25 mM+ F20, dont la réaction se manifeste le 1^{er} jour après le semis avec 99,33%, pour se stabiliser à partir du 2^{ème} jour à 100% des graines germées.

En effet le taux cumulé des graines germées augmente de 0,67% comparativement au témoin (99,33% contre 100%). Par contre, les graines germées sous le traitement 25 mM NaCl progressent de 95,33% dès le 1^{er} jour jusqu'à 97,33% le 2^{ème} jour après le semis pour se stabiliser.

Ceci représente une diminution dans le taux cumulé estimé à 2% jusqu'à 4 % comparativement au témoin et une réduction de 3,67% jusqu'à 5,67% par rapport aux graines traitées à 25 mM+ F10 et 25 mM+ F20.

b. Cinétique de germination des graines sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 10 indique que le taux cumulé pour les graines germées sous le traitement à 50 mM+F10 évolue lentement par rapport aux graines témoins. Sous les autres traitements (50 mM NaCl et 50 mM +F20), les graines manifestent un taux cumulé de 94% dès le 1^{er} jour après le semis, soit une diminution de 5,33% par rapport au témoin (99,33%), pour se stabiliser dès le 2^{ème} jour avec 96,67%. Dès que la concentration de fluridone passe à 20 μ M, la germination des graines évolue plus rapidement. En effet le taux cumulé augmente de 96,67% le 1^{er} jour jusqu'à un plateau de 98,67% le 3^{ème} jour après le semis.

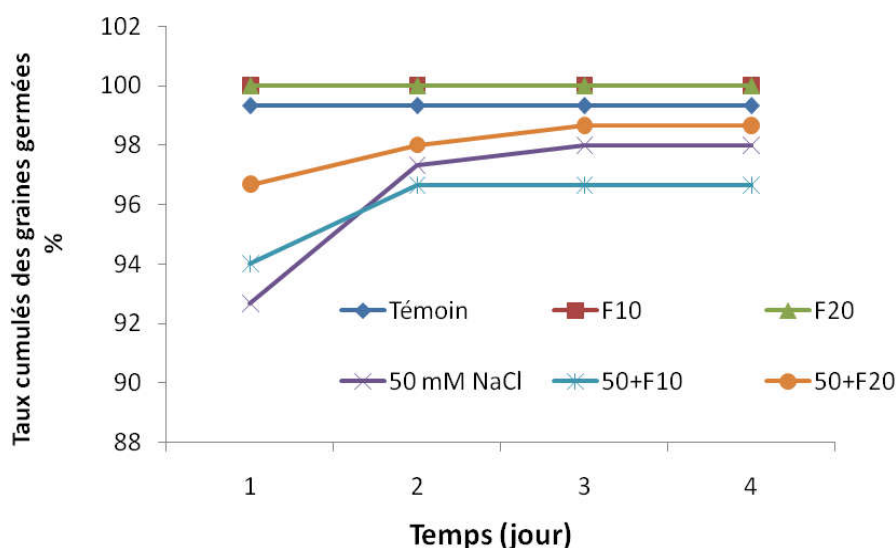


Fig.10- Cinétique de la germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

Pour le lot des graines traitées à 50 mM NaCl, la germination démarre le 1^{er} jour après le semis avec un taux de 92,67%. Ceci représente une diminution de 6,66% par rapport au témoin (99,33%) et 1,33% à 4% comparativement au traitement à 50 mM+F10 et 50 mM+F20 (respectivement 94% et 96,67%). Il se stabilise le 3^{ème} jour après le semis avec un taux plateau de 98%, soit une diminution de 1,33% comparativement aux graines témoins (99,33%). Il faut noter que l'évolution dans le taux cumulé des graines germées sous le traitement à 50 mM NaCl associé ou non à la fluridone reste faible par rapport aux graines témoins et celles traitées à 10 μ M et 20 μ M de la fluridone.

L'étude statistique selon le test de Student (Tableau 5, annexe I page 80) indique que la différence du taux de germination est hautement significative pour les graines traitées à 50 mM+F10 et pour celles stressées à 50 mM NaCl par rapport au témoin ($\leq 0,05$) ; par contre aucune différence ne s'exprime sur les taux cumulés sous l'effet des autres traitements par rapport au témoin ($\leq 0,05$) .

3. Vitesse de germination : coefficient de vitesse (Cv) et temps moyen (Tm).

La vitesse de germination est considérée comme étant le temps mis par les graines pour germer (LANG, 1965) déterminé entre le semis et la fin de la germination. Pour mieux étudier les facteurs agissant sur la germination des graines de gombo, nous adoptons deux formules simples : le coefficient de vitesse (Cv) et le temps moyen de germination (Tm) proposées par KOTOWSKI (1926).

a. Vitesse de germination des graines sans NaCl en présence de fluridone.

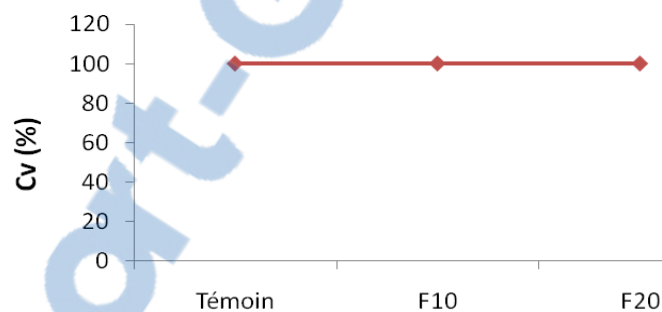


Fig.11- Coefficient de vitesse (Cv %) de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone.

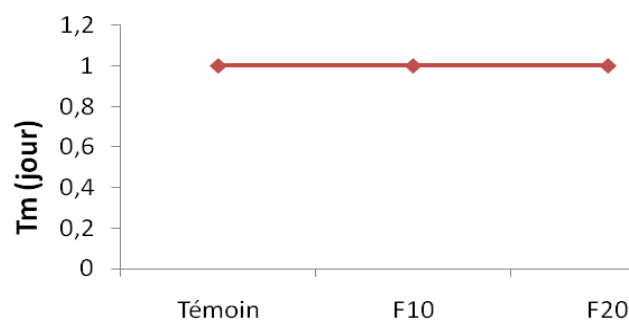


Fig.12- Temps moyen (Tm en jour) de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone.

Les résultats des figures 11 et 12 montrent que le traitement à la fluridone à 10 et 20 μM ne provoque aucune variation dans la vitesse de germination, ce qui est représenté par le coefficient de vélocité et le temps moyen. Ces paramètres présentent un niveau stable et élevé en fonction de la concentration croissante de fluridone.

b. Vitesse de germination des graines sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

Les figures 13 et 14 montrent que le traitement à 25 mM NaCl entraîne un ralentissement de la vitesse de germination et une prolongation dans le temps moyen (soit 98,15% contre 100% pour Cv et 1,02 jour contre 1 jour pour le Tm). Par contre, pour la solution au NaCl à 25 mM enrichi de fluridone, la vitesse de germination suit une progression rapide avec un temps moyen plus court. Par conséquent, la vitesse de germination et le temps moyen sont pratiquement voisins de ceux des graines témoins (100%, 99,39% pour 100% Cv).

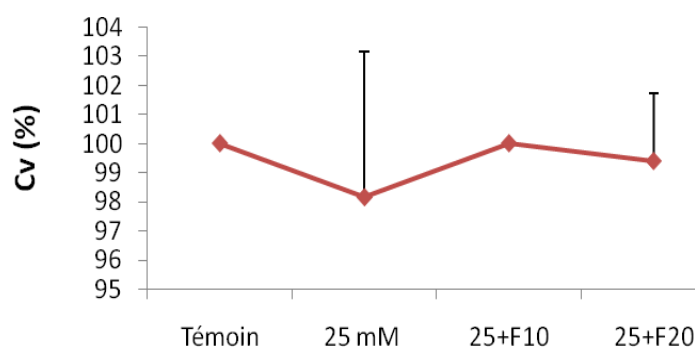


Fig.13- Coefficient de vélocité (Cv %) de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

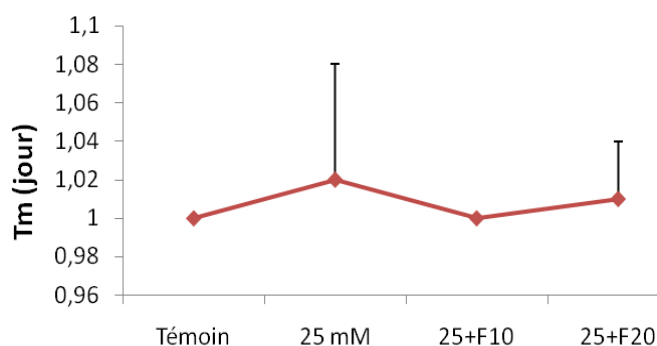


Fig.14- Temps moyen (jour) de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

c. Vitesse de germination des graines sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

Les résultats des figures 15 et 16 montrent que la vitesse de germination baisse rapidement lorsque 50 mM NaCl sont apportés aux graines, avec une prolongation dans le temps moyen comparativement au témoin (soit 95,03% contre 100% pour Cv et 1,06 jour contre 1 jour pour Tm).

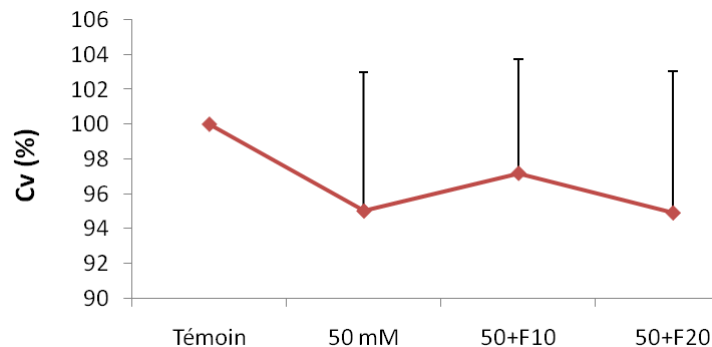


Fig.15- Coefficient de vitesse (Cv%) de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

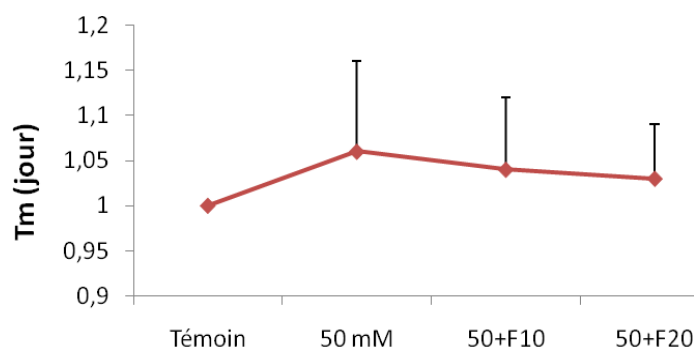


Fig.16- Temps moyen (jour) de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

Par contre, lorsque la solution au NaCl est additionnée à 10 μ M de fluridone, la vitesse de germination augmente à 97,19% avec un temps moyen estimé à 1,04 jour pour baisser de nouveau à 94,92% dès que la concentration de fluridone passe à 20 μ M.

L'analyse statistique selon le test de Student (Tableau 6, annexe I page 80) montre que le traitement à F10, F20, 25 mM NaCl, 25 mM+F10, 25 mM+ F20 et 50 mM+F10 n'a pas d'effet significatif sur la vitesse de germination et le temps moyen par rapport au témoin ($\leq 0,05$). Néanmoins, le traitement à 50 mM NaCl et 50 mM+F20 a un effet hautement significatif par rapport au témoin ($\leq 0,05$).

II- Réponses biochimiques des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet combiné de la salinité et de la fluridone.

1. Teneurs en sucres totaux des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.

Les résultats représentent les variations des teneurs en sucres totaux dans les graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'influence combinée de la fluridone et du NaCl

a. Teneurs en sucres totaux des graines sans NaCl en présence de fluridone.

La figure 17 montre que les teneurs en sucres fluctuent dans les mêmes proportions sous le traitement de la fluridone quelque soit la concentration (10 et 20 μ M). En effet, les résultats obtenus présentent une diminution estimée de 0,62 à 0,66 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport aux graines témoins (2,15 mg.100 mg⁻¹ PS).

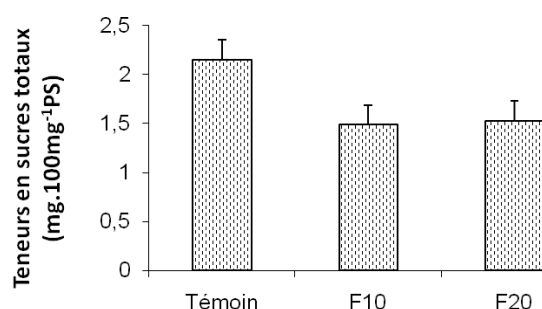


Fig.17 – Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg⁻¹ PS) des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone.

b. Teneurs en sucres totaux des graines sous stress à 25 et 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 18a illustre que, sous le traitement à 25 mM NaCl, la teneur en sucres totaux chute remarquablement (0,86 mg.100 mg⁻¹ PS) par rapport aux graines témoins (2,15 mg.100 mg⁻¹ PS).

Lorsque la solution saline est enrichie de fluridone (10 μ M et 20 μ M), la teneur en ces composés s'élève en fonction de l'évolution de la concentration de la fluridone jusqu'à un plateau de 1,64 mg.100 mg⁻¹ PS.

Les résultats illustrés de la figure 18b montrent que la solution à 50 mM de NaCl provoque une diminution dont la teneur des sucres totaux est estimée à $1,31 \text{ mg.}100 \text{ mg}^{-1} \text{ PS}$ par rapport au témoin ($2,15 \text{ mg.}100 \text{ mg}^{-1} \text{ PS}$).

Par contre, les teneurs en sucres sont influencées positivement par le régime à 50 mM de NaCl enrichi de fluridone ($10\mu\text{M}$ et $20\mu\text{M}$). Par conséquent, l'évolution de la concentration de fluridone s'accompagne d'une augmentation de la teneur en sucres jusqu'à un plateau de $2,79 \text{ mg.}100 \text{ mg}^{-1} \text{ PS}$ contre $2,15 \text{ mg.}100 \text{ mg}^{-1} \text{ PS}$ pour les graines témoins.

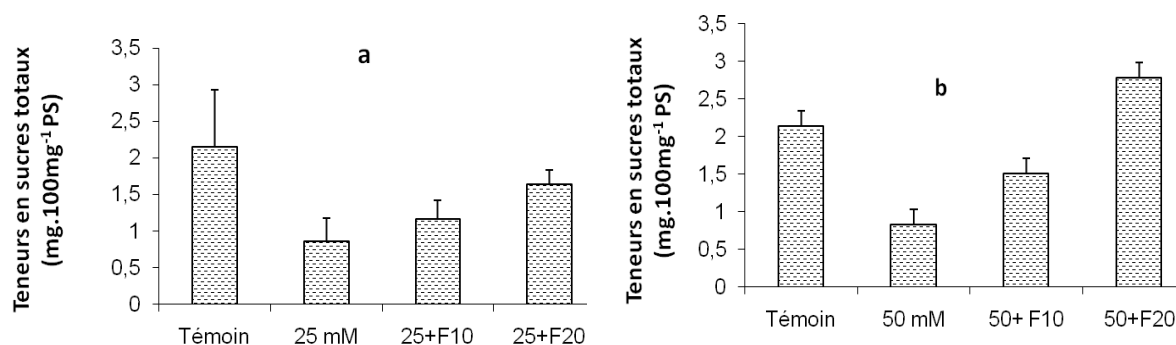


Fig.18- Teneurs en sucres totaux ($\text{mg.}100 \text{ mg}^{-1} \text{ PS}$) des graines *d'Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl (a) et 50 mM NaCl (b) en présence ou non de la fluridone

L'analyse statistique selon le test de Student (Tableau 7, annexe I p 80) révèle un effet hautement significatif du NaCl (25 mM et 50 mM) sur la teneur en sucres par rapport aux graines témoins ($\leq 0,05$). Les résultats montrent aussi que le traitement à 25 mM + F10 a un effet significatif sur la synthèse des sucres par rapport aux graines témoins ($\leq 0,05$). Néanmoins, le traitement à F10, F20, 25 mM NaCl + F20, 50 mM NaCl+F10 et 50 mM NaCl +F20 a un effet non significatif sur la teneur des sucres par rapport aux graines témoins ($\leq 0,05$).

2. Teneurs en composés phénoliques des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.

a. Teneurs en composés phénoliques des graines sans NaCl et en présence de fluridone.

La figure 19 représente la teneur en composés phénoliques enregistrée dans les graines *d'Abelmoschus esculentus* L. sous le traitement de la fluridone à $10\mu\text{M}$ et $20\mu\text{M}$.

Les résultats révèlent que la teneur en composés phénoliques chute lentement sous l'effet du traitement F10 (0,42 mg.100 mg⁻¹ PS contre 0,45 mg.100 mg⁻¹ PS pour les graines témoins).

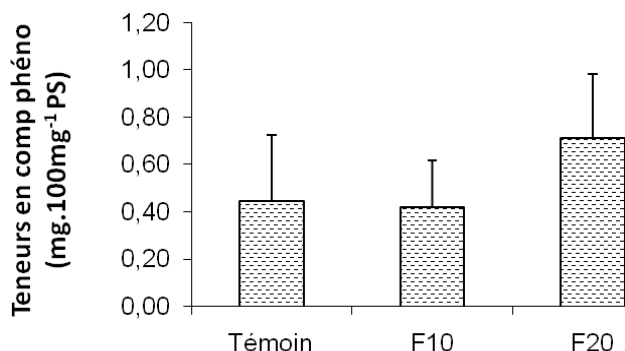


Fig.19– Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des graines *d'Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de fluridone.

Par contre l'évolution de la concentration de la fluridone à 20 µM stimule l'accumulation de ces composés dans les graines jusqu'à 0,72 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport aux graines témoins (0,45 mg.100 mg⁻¹ PS).

b. Teneurs en composés phénoliques des graines sous stress à 25 mM NaCl et 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 20a montre que la teneur de composés phénoliques est influencée positivement par le traitement au NaCl à 25 mM associé ou non à la fluridone. En effet la teneur évolue remarquablement jusqu'à 0,63 mg.100 mg⁻¹ PS sous le traitement 25 mM+F10, ensuite, lorsque la concentration de fluridone passe à 20 µM, la teneur chute légèrement jusqu'à 0,60 mg.100 mg⁻¹ PS.

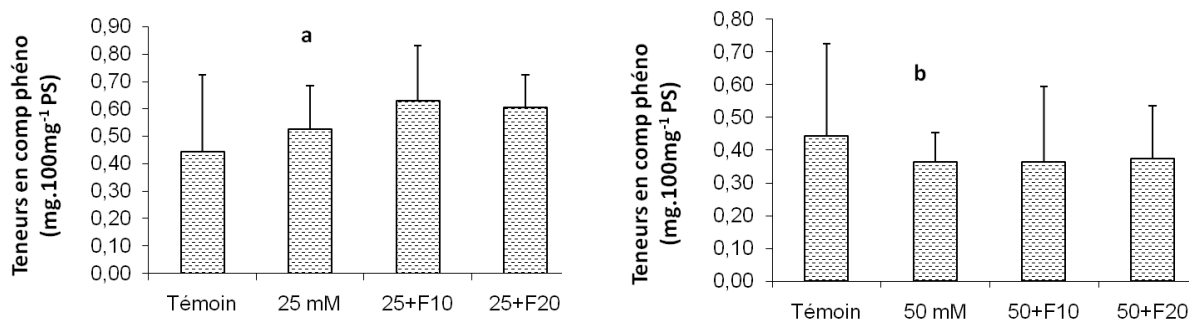


Fig.20– Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des graines *d'Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl (a) et 50 mM NaCl (b) en présence ou non de la fluridone

Selon les résultats (fig.20b), l'apport des solutions salines à 50 mM enrichi ou non de fluridone (10 μ M et 20 μ M) provoque une diminution de la teneur des composés phénoliques par rapport au témoin. En effet, la teneur de ces composés fluctuent dans les mêmes proportions, quelque soit le traitement (0,37 à 0,38 mg.100 mg⁻¹ PS contre 0,45 mg.100 mg⁻¹ PS pour le témoin).

L'étude statistique selon le test de Student (Tableau 7, annexe I page 80) montre que le traitement à la solution de 25 mM NaCl et 50 mM NaCl enrichi ou non de fluridone, quelque soit leur concentration (10 μ M, 20 μ M), a un effet non significatif sur la teneur des composés phénoliques.

III- Etude qualitative des différentes familles des métabolites secondaires dans les graines d'*Abelmoschus esculentus* L. traitées a la fluridone associée ou non au NaCl (mM).

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles des métabolites secondaires existantes dans les graines d'*Abelmoschus esculentus* L. traitées à la fluridone (10 μ M et 20 μ M) associée à 25 mM et 50 mM NaCl. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques.

Les résultats de ce criblage phytochimique reportés dans les tableaux suivants mettent en évidence la richesse, ainsi que la présence ou l'absence d'un groupe de métabolites secondaires selon les traitements.

1. Graines traitées sans NaCl en présence de fluridone.

Les résultats des tests qualitatifs des extraits aqueux et éthanolique dans les graines témoins confirment la présence des coumarines et la plus grande richesse des flavonoïdes. Par contre, les mucilages, les tanins et les anthraquinones en sont totalement absents.

Tableau 1- Analyse qualitative des différentes familles des métabolites secondaires dans les deux extrait aqueux et éthanolique dans les graines de gombo traitées à la fluridone sans NaCl.

Les métabolites	Extrait aqueux			Extrait éthanolique		
	Témoin	F10	F20	Témoin	F10	F20
Tanins	-	-	+	-	-	-
Flavonoïdes	+++	++	+++	-	-	+
Coumarines	+	++	+	+	++	++
Anthraquinones	-	-	-	-	+	+
Mucilages	-	-	++	-	-	-
Saponosides Test 1	/	/	/	-	++	-
Saponosides Test 2	/	/	/	+++	+++	+++
Saponosides Test 3	/	/	/	+++	+++	+++
Riches (+++), (++)	DéTECTÉS (+)	Non détectés (-)		(/) non analysés		

De plus, les tests effectués sur l'extrait éthanolique font apparaître que les saponosides existent sous deux formes : à génine stéroïdiques et à génine triterpéniques.

Par ailleurs, le traitement de la fluridone à 10µM provoque des variations dans la répartition de quelques groupes métaboliques. En effet, il est observé la présence des anthraquinones et la plus grande richesse des coumarines. De plus, il est enregistré une diminution dans la richesse en flavonoïdes par rapport aux graines témoins alors que la répartition des autres métabolites (les tanins et les saponosides) reste stable par rapport aux graines témoins.

D'autre part, l'augmentation de l'apport de fluridone à 20µM induit des variations remarquables dans les proportions des différents groupes métaboliques dans les deux extraits (aqueux et éthanolique). En effet, il est observé la présence des tanins dans l'extrait aqueux et il est détecté aussi la présence des anthraquinones et des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique. Ceci confirme la plus grande richesse des graines en ces composés en comparaison aux graines témoins, alors que la répartition des saponosides reste stable par rapport aux graines témoins.

2. Graines traitées à 25 mM NaCl en présence de fluridone.

Les résultats montrent que l'addition de 25 mM NaCl à la fluridone stimule l'accumulation de quelques groupements métaboliques dans les graines. Par conséquent, il est observé la présence des tanins et des mucilages. Il est à remarquer aussi la plus grande richesse des coumarines, alors qu'il y a une diminution dans la richesse en flavonoïdes et en saponosides stéroïdiques et triterpéniques.

Tableau 2- Analyse qualitative des différentes familles des métabolites secondaires dans les deux extraits aqueux et éthanolique dans les graines de gombo traitées à 25 mM NaCl en présence de la fluridone.

Les métabolites	Extrait aqueux			Extrait éthanolique		
	Témoin	25 mM NaCl+F10	25 mM NaCl+F20	Témoin	25 mM NaCl+F10	25 mM NaCl+F20
Tanins	-	-	++	-	-	-
Flavonoïdes	+++	+++	+	-	+	-
Coumarines	+	++	++	+	++	++
Anthraquinones	-	-	-	-	+	+
Mucilages	-	++	++	-	-	-
Saponosides Test 1	/	/	/	-	-	-
Saponosides Test 2	/	/	/	+++	+	++
Saponosides Test 3	/	/	/	+++	traces	+

3. Graines traitées à 50 mM NaCl en présence de fluridone.

L'analyse qualitative montre que le traitement à 50 mM NaCl enrichi de fluridone provoque un changement dans la répartition des composés métaboliques. En effet, il est observé une richesse en tanins, en anthraquinones et en coumarines par rapport aux graines témoins. Il est observé également la présence de traces de mucilages dans l'extrait aqueux des graines traitées.

D'autre part, les résultats confirment l'absence totale de flavonoïdes dans toutes les graines traitées, excepté celles traitées à 50 mM +F10. Ceci confirme l'effet négatif de ce traitement sur la richesse des graines en ce qui concerne ce groupe métabolique comparativement aux graines témoins.

Tableau 3- Analyse qualitative des différentes familles des métabolites secondaires dans les deux extraits aqueux et éthanolique dans les graines de gombo traitées **à 50 mM NaCl en présence de la fluridone.**

Les métabolites	Extrait aqueux			Extrait éthanolique		
	Témoin	50 mM NaCl+F10	50 mM NaCl+F20	Témoin	50 mM NaCl+F10	50 mM NaCl+F20
Tanins	-	++	++	-	-	-
Flavonoïdes	+++	++	-	-	-	-
Coumarines	+	++	++	+	++	++
Anthraquinones	-	-	-	-	+	+
Mucilages	-	traces	-	-	-	-
Saponosides Test 1	/	/		-	-	-
Saponosides Test 2	/	/		+++	++	-
Saponosides Test 3	/	/		+++	+	-

Il est observé également l'absence des saponosides dans les graines traitées à 50 mM +F20 et une diminution remarquable dans la richesse de ce groupe métabolique dans les graines traitées à 50 mM +F10 par rapport au témoin.

VI- Réponses biochimiques des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet combiné de la salinité et de la fluridone.

1. Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl (mM).

a- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sans NaCl et en présence de fluridone.

La figure 21 présente les variations des teneurs en sucres dans **les feuilles et les racines** des plantes de gombo traitées à la salinité associée ou non à la fluridone.

Les résultats montrent que le traitement à 10 μ M et 20 μ M de fluridone provoque une diminution des teneurs en sucres totaux dans feuilles par rapport au témoin ((2,99 et 3,44 mg.100 mg⁻¹ PS contre 3,98 mg.100 mg⁻¹ PS).

Par contre, les teneurs en sucres dans les racines sont importantes, dont le pic d'accumulation est enregistré dans les racines des plantes traitées à 10 μ M de fluridone (4,39 contre 3,74 mg.100 mg⁻¹ PS pour le témoin).

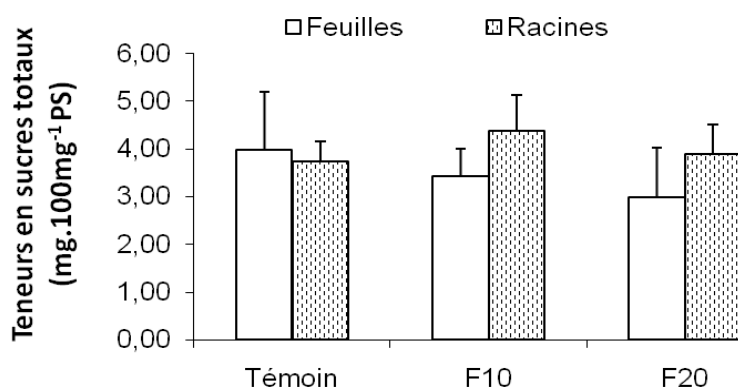


Fig.21- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone.

b- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 22 montre que le traitement à 25 mM NaCl enrichi ou non de fluridone (10 μ M et 20 μ M) induit une faible diminution du teneur en sucres dans les feuilles par rapport au témoin (3,98 mg.100 mg⁻¹ PS).

Par contre, dans les racines le traitement à 25 mM enrichi ou non à 20 μ M de la fluridone s'accompagne d'une augmentation importante du teneur en sucres arrive jusqu'à 5,57 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport 3,74 mg.100 mg⁻¹ PS dans les racines témoins.

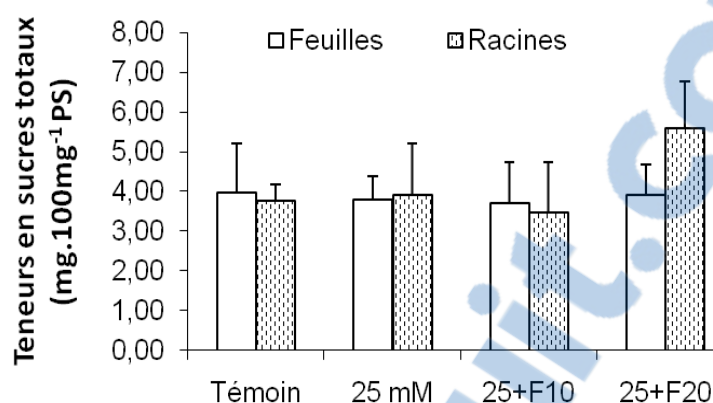


Fig. 22- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone

c- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 23 montre que l'apport de 50 mM NaCl associé ou non à la fluridone provoque une diminution dans la teneur en sucres des feuilles.

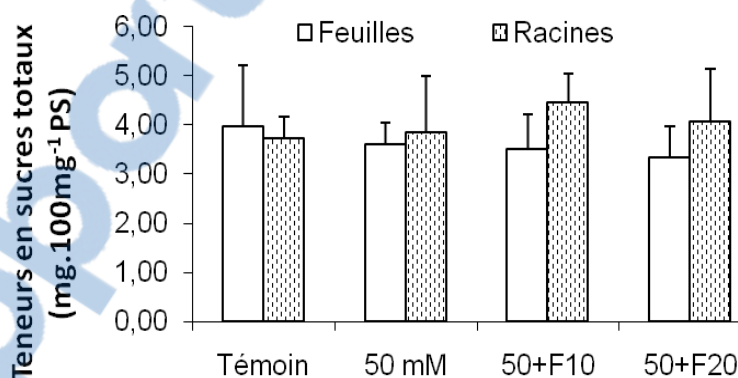


Fig. 23- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone

En effet, la teneur en sucres baisse proportionnellement par rapport au traitement appliqué jusqu'à une valeur de 3,33 mg.100 mg⁻¹ PS sous le traitement 50 mM +F20.

Par contre, l'application de la salinité 50 mM enrichie ou non de fluridone stimule significativement la synthèse des sucres dans les racines.

Par conséquent, la teneur augmente rapidement jusqu'à 4,46 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport au témoin (3,74 mg.100 mg⁻¹ PS) sous l'effet du traitement à 50 mM+F10, puis baisse légèrement à 4,07 mg.100 mg⁻¹ PS lorsque la fluridone passe à 20µM.

d- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 100 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 24 montre que l'apport de 100 mM NaCl stimule légèrement l'accumulation des sucres dans les feuilles (4,08 mg.100 mg⁻¹ PS) par rapport au témoin (3,98 mg.100 mg⁻¹ PS).

Dès que la solution à 100 mM de NaCl enrichie de fluridone 10µM et 20µM, la teneur en sucres chute remarquablement (3,22 mg.100 mg⁻¹ PS, 3,87 mg.100 mg⁻¹ PS respectivement par rapport au témoin 3,98 mg.100 mg⁻¹ PS). Par contre, dans les racines, la teneur en sucres est importante dans tous les lots traités, dont le pic d'accumulation est estimé de 5,78 mg.100 mg⁻¹ PS sous le traitement à 100 mM +F20.

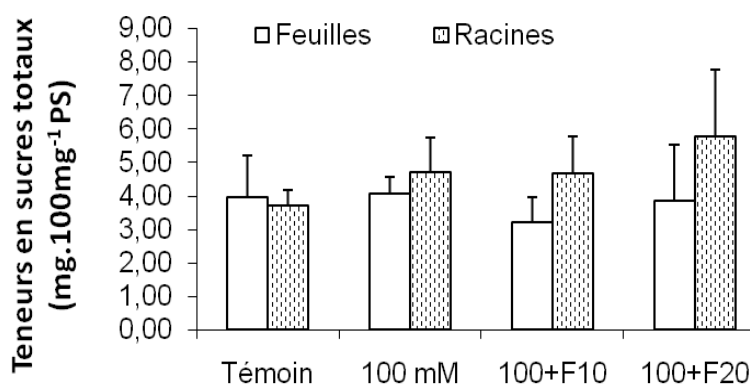


Fig.24- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 100 mM NaCl en présence ou non de la fluridone

e- Teneurs en sucres totaux des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 150 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

Les résultats (figure 25) montrent que, l'apport de 150 mM NaCl provoque une diminution du teneur en sucres des feuilles (3,80 mg.100 mg⁻¹ PS contre 3,98 mg.100 mg⁻¹ PS pour le témoin).

Lorsque l'apport salin à 150 mM enrichi de la fluridone (10 μ M et 20 μ M), la teneur en sucres augment remarquablement jusqu'à un plateau de 4,94 mg.100 mg⁻¹ PS sous le traitement à 150 mM+F20.

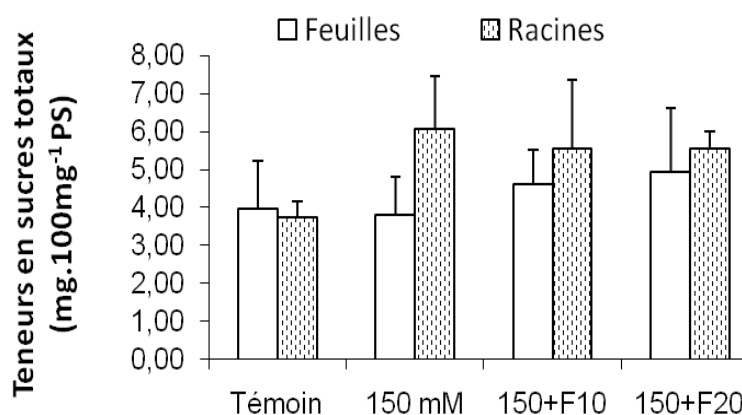


Fig. 25- Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 150 mM NaCl en présence ou non de la fluridone

Une progression dans la teneur en sucres totaux est également observée pour les racines des plantes traitées dont le pic d'accumulation est estimé de 6,05 mg.100 mg⁻¹ PS, sous le traitement à 150 mM.

L'analyse statistique de selon le test de Student (Tableau 8, annexe I page 81) montre que le traitement de la salinité associée ou non à la fluridone a un effet non significatif sur la teneur en sucres dans les feuilles. Par contre, dans les racines, le traitement à 25 mM+F20, 50 mM+F10, 150 mM NaCl a un effet hautement significatif sur la teneur en sucres par rapport au témoin ($\leq 0,05$).

Les résultats montrent que l'apport de 100 mM NaCl et celle de 100 mM+F20 et 150 mM+F10 a un effet significatif sur la teneur en sucres. Néanmoins, le traitement à F10, F20, 25 mM+F10, 50 mM, 50 mM+ F20 et 150 mM+F20 n'a pas d'effet significatif sur l'accumulation des sucres.

2. Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.

a- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sans NaCl et en présence de fluridone.

La figure 26 montre que l'apport de fluridone (10 μ M et 20 μ M) a stimulé significativement la synthèse des composés phénoliques dans les feuilles par rapport au témoin.

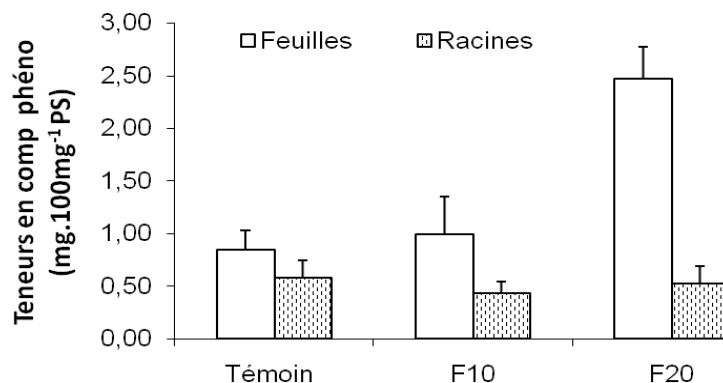


Fig. 26- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone.

En effet, une progression des teneurs en composés phénoliques est enregistrée dans les feuilles traitées où cette augmentation arrive à 2,47 mg.100 mg⁻¹ PS sous l'effet de 20 μ M de fluridone par rapport aux feuilles témoins (0,84 mg.100 mg⁻¹ PS). Par contre, dans les racines, l'accumulation des composés phénoliques est faible sous le traitement à la fluridone quelque soit leur concentration ; en effet une diminution des teneurs en ces composés estimée à 0,15 à 0,06 mg.100 mg⁻¹ PS sous le traitement F10 et F20 respectivement par rapport au témoin (0,58 mg.100 mg⁻¹ PS).

b- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 27 montre que la teneur en composés phénoliques baisse lentement sous l'effet de 25 mM de NaCl par rapport au témoin (0,77 mg.100 mg⁻¹ PS contre 0,84 mg.100 mg⁻¹ PS pour le témoin). Dès que la fluridone est associée à 25 mM NaCl, la teneur en ces composés augmente remarquablement jusqu'à trois fois plus que dans les feuilles témoins (2,38 à 2,50 mg.100 mg⁻¹ PS contre 0,84 mg.100 mg⁻¹ PS).

Par contre, dans les racines, les teneurs en composés phénoliques fluctuées de façon non stables. En effet, la teneur en composés phénoliques évolue lentement sous l'effet de l'apport de 25 mM de NaCl par rapport au témoin (0,64 mg.100 mg⁻¹ PS contre 0,58 mg.100 mg⁻¹ PS).

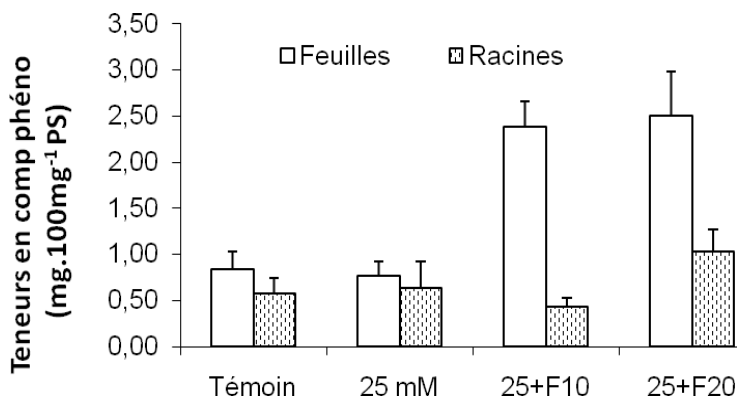


Fig. 27- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes *d'Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 25 mM NaCl en présence ou non de la fluridone

Dès que la solution saline enrichie de 10μM de fluridone, la teneur de ces composés chute rapide jusqu'à 0,44 mg.100 mg⁻¹ PS, pour augmenter de nouveau jusqu'à 1,04 mg.100 mg⁻¹ PS sous l'effet du traitement à 25 mM + F20.

c- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes *d'Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

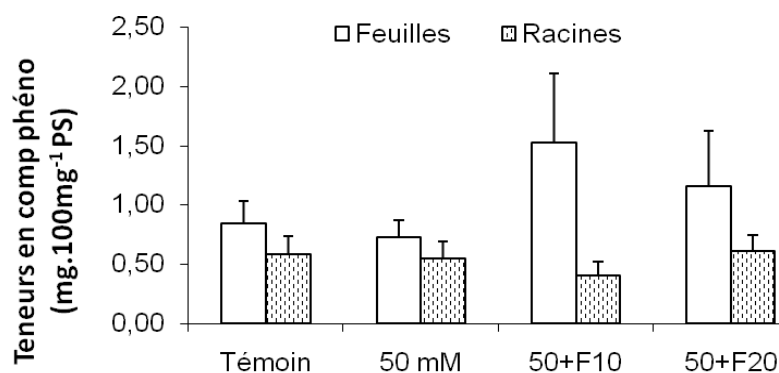


Fig. 28- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) dans les feuilles et les racines des plantes *d'Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 50 mM NaCl en présence ou non de la fluridone

La figure 28 indique que l'apport de 50 mM NaCl diminue légèrement l'accumulation des composés phénoliques au sein des feuilles.

En conséquent une diminution des teneurs en ces composés arrive à 0,73 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport aux feuilles témoins (0,84 mg.100 mg⁻¹ PS).

Une progression rapide de la teneur en ces composés est notée lorsque la solution saline est enrichie à 10 µM de fluridone. Cette augmentation arrive à 1,53 mg.100 mg⁻¹ PS sous l'effet de 50 mM + F10 par rapport au témoin (0,84 mg.100 mg⁻¹ PS), puis les teneurs baissent légèrement jusqu'à 1,15 mg.100 mg⁻¹ PS dès que la concentration de la fluridone passe à 20 µM.

Dans les racines, les teneurs en composés phénoliques sont faibles par rapport au témoin sous l'effet de traitement à 50 mM NaCl et celle de 50 mM +F10 (0,55 mg.100 mg⁻¹ PS et 0,40 mg.100 mg⁻¹ PS respectivement contre 0,58 mg.100 mg⁻¹ PS pour le témoin). Par contre, l'apport de 50 mM + F20 provoque une augmentation des teneurs en ces composés atteint 0,61 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport au témoin (0,58 mg.100 mg⁻¹ PS).

d- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 100 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 29 montre que le traitement à 100 mM NaCl influence positivement sur l'accumulation des composés phénoliques. En effet la teneur en ces composés augmente à 0,99 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport au témoin (0,84 mg.100 mg⁻¹ PS). Par contre lorsque la solution saline enrichie à 10µM de la fluridone la teneur chute rapide jusqu'à la moitié de la teneur enregistrée dans les feuilles témoins.

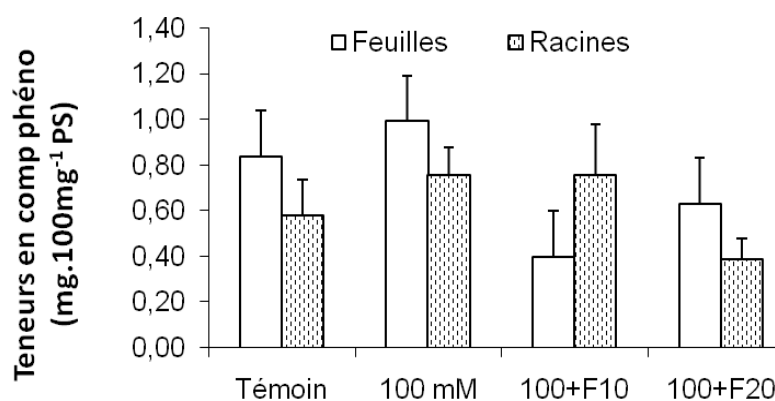


Fig. 29- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 100 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

Dans les racines, le traitement à 100 mM et 100 mM +F10 provoque une augmentation des teneurs en composés phénoliques par rapport au témoin (0,58 mg.100 mg⁻¹ PS) ; par contre, la concentration de 20 µM de fluridone s'accompagne d'une diminution rapide du teneur à 0,39 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport au témoin (0,58 mg.100 mg⁻¹ PS).

e- Teneurs en composés phénoliques des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous stress à 150 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

La figure 30 montre que la teneur en composés phénoliques baisse rapide et proportionnellement au traitement appliqué. En effet la teneur en ces composés diminue jusqu'à 0,50 mg.100 mg⁻¹ PS sous l'apport 150 mM+F10 par rapport au témoin (0,84 mg.100 mg⁻¹ PS). Dès que la concentration de fluridone passe à 20µM, la teneur augmente rapide à 1,04 mg.100 mg⁻¹ PS par rapport au témoin (0,84 mg.100 mg⁻¹ PS).

Dans les racines le traitement à 150 mM de NaCl provoque une augmentation rapide des teneurs en composés phénoliques (1,07 mg.100 mg⁻¹ PS) par rapport au témoin (0,58 mg.100 mg⁻¹ PS). Par contre, lorsque l'apport de 150 mM NaCl additionné de 10µM de fluridone, l'accumulation de ces composés chute à 0,59 mg.100 mg⁻¹ PS pour augmente de nouveau à 0,85 mg.100 mg⁻¹ PS dès que la concentration de fluridone passe à 20µM.

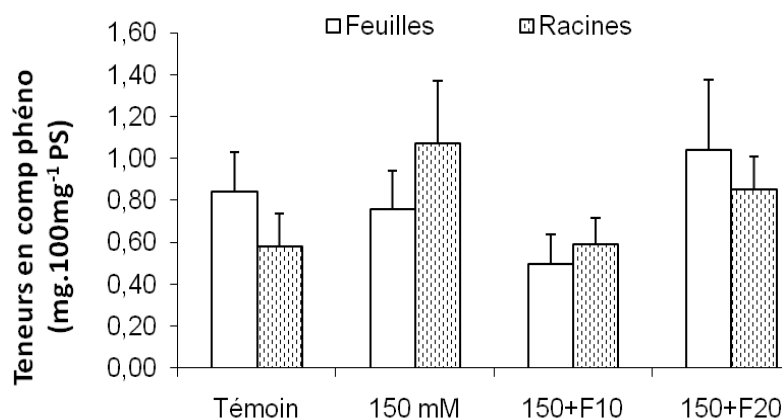


Fig. 30- Teneurs en composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des feuilles et des racines des plantes d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de 150 mM NaCl en présence ou non de la fluridone.

L'étude statistique selon le test de Student (Tableau 9, annexe I page 81) montre que la teneur des composés phénoliques est hautement significative dans les feuilles traitées à F20, 25 mM+F10, 25 mM +F20, 50 mM+F10, 100 mM+ F10 et 150 mM+F10 par rapport au témoin ($\leq 0,05$).

Les résultats montrent aussi que les traitements à 25 mM+F20, 100 mM+F20, 150 mM+F20 et 150 mM NaCl ont un effet hautement significatif sur la teneur en composés phénoliques dans les racines par rapport au témoin ($\leq 0,05$). Par ailleurs, le traitement à 50 mM+ F10 et celui de 100 mM NaCl ont un effet significatif sur la teneur des composés phénoliques par rapport au témoin ($\leq 0,05$).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Discussion et conclusion générales

Plusieurs recherches ont montré que de nouvelles substances comme la fluridone, à propriété herbicide, participe dans le mécanisme de la levée de la dormance en inhibant l'ABA. Cette notion est confirmée par Yoshioka *et al.*, (1998) où la fluridone soulève facilement la dormance induite des graines. La même hypothèse est confirmée par les travaux de Robert Gulden *et al.*, (2004) dont la fluridone joue un rôle très efficace pour supprimer le développement de la dormance secondaire chez les graines ayant un fort potentiel de dormance chez l'espèce végétale de Colza (*Brassica napus*).

Selon les travaux de Le page-Degivry et Bulard (1988) sur l'effet de l'ABA dans la régulation du développement embryonnaire et de la germination, l'installation de cette hormone est retardée de façon notable par une pulvérisation d'une solution de la fluridone sur des jeunes plants de tournesol (*Helianthus annuus*).

Il est rapporté que la fluridone régule les conditions de germination des graines chez de nombreuses espèces par exemple, la fluridone raccourcit les périodes nécessaires pour stimuler la germination des graines d'Orobanche (*Orobanche spp.*) (Song *et al.*, 2005) et de la goutte de sang (*Striga asiatica*) (Kusumoto *et al.*, 2006). Song *et al.*, (2006) ajoute que la fluridone peut également améliorer la réponse de la germination des graines d'Orobanche (*Orobanche spp.*) même quand les graines sont conditionnées à une température sous-optimale et sous stress hydrique. De plus Wang *et al.*, (2006) enregistrent que le pourcentage de la germination des graines de Cistanche (*Cistanche tubulosa*) est significativement augmenté sous traitement à la fluridone.

Boumia (2011) confirme que l'apport exogène de la fluridone (20 μ M) apparaît améliorer le taux de germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* sous tous les traitements à la salinité.

Qing Liang Chen (2016) révèle que la fluridone stimule la germination de *Cistanche tubulosa* ; il ajoute que l'augmentation de la germination des graines induite par la fluridone est inhibée par l'introduction d'ABA ou de paclobutrazol exogène, un inhibiteur de la synthèse d'acide gibbéréllique. D'autre part Bidai (2017) rapporte que l'apport de la fluridone réduit le délai de germination des graines d'*Atriplex halimus* et améliore leur taux de germination.

Nos résultats montrent que la fluridone exogène (10 μ M, 20 μ M) joue un rôle important en stimulant la germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L.. Son application en absence de NaCl provoque la précocité, régule la cinétique et accélère la vitesse de germination des graines, et une prolongation de temps moyen par rapport aux graines témoins.

De plus, l'addition de la fluridone à la salinité 50 mM de NaCl apparaît améliorer la précocité de la germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. en comparaison aux graines stressées à 50 mM de NaCl.

Par ailleurs, les résultats obtenus mettent en évidence l'effet positif de la fluridone sur les processus de la germination (taux, vitesse, temps moyen) des graines traitées à 25 mM +F10 ((fluridone à 10 μ M) et 25 mM +F20 (fluridone à 20 μ M) en comparaison à celles traitées seulement à 25 mM NaCl.

Plusieurs travaux montrent que chez les halophytes comme chez les glycophytes, la salinité réduit la capacité de germination et retarde le processus d'initiation à la germination (Maalem et Rahmoune, 2009 ; Bouda et Hadioui, 2011 ; Abbes *et al.*, 2013 ; Salhi, 2014 ; Ly *et al.*, 2014). Cependant, les réponses sont variables et spécifiques pour chaque espèce (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2003 ; Okcu *et al.*, 2005 ; Marouf et Reynaud, 2007). En effet nos résultats révèlent que le comportement des graines de gombo varie de manière similaire sous les traitements au NaCl à 25 mM et à 50 mM.

Plusieurs travaux révèlent que la salinité au NaCl à forte concentration semble influencer sur le temps, la vitesse et le taux final de germination (Zemani, 2009 ; Boumia, 2011 ; Abbes *et al.*, 2013 ; El-Goumi *et al.*, 2014 ; Ouis, 2016 ; Achour, 2016). Il a été déjà rapporté que le retard de processus de germination pourrait être dû à l'altération des enzymes internes dans la graine (Botia *et al.*, 1998).

Il a été rapporté que l'absorption du Na^+ a des effets toxiques sur la germination des graines (Diallo *et al.*, 2013 ; Ben Dkhil et Denden, 2014, Hong Wu, 2018). Benidire *et al.* (2015) confirment qu'une concentration croissante en sel engendre un retard de la germination. Des remarques similaires sont enregistrées dans nos conditions, dont le temps, le taux final et la vitesse de germination des graines de gombo sont affectés sous l'effet de la salinité à 25 mM et 50 mM NaCl.

Par ailleurs, d'autres travaux signalent que le retard de germination par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permet d'ajuster sa pression osmotique interne (Mrani-Alaoui *et al.*, 2013, El Goumi, 2014, Camara *et al.*, 2018). D'autres études confirment que le NaCl provoque la perméabilité de la membrane plasmique en augmentant l'influx des ions externes et l'efflux des solutions du cytosol et la rigidité pariétale (Denden, 2010 ; Bouda et Haddioui, 2011 ; Marie, 2014) et diminue la conductance hydrique de la membrane plasmique (Marie, 2014).

Selon Sayar *et al.*, (2010) la concentration élevée en sel inhibe aussi bien la mobilisation de réserves de graines que la croissance de l'axe embryonnaire.

Nos résultats montrent que le traitement des graines à 50 mM NaCl provoque une diminution dans le taux des sucres et des composés phénoliques.

Dubos (2001) montre que l'accumulation des sucres semble induire la gélification du contenu cellulaire en saturant le milieu intracellulaire. Ce phénomène permet d'éviter la cristallisation des molécules contenues dans la cellule et en conséquence il limite les dommages au niveau des structures cellulaires (protéines, membranes). D'autres chercheurs montrent que les sucres sont impliqués dans le contrôle de la croissance et du développement au cours du cycle de vie de la plante entière à partir de la germination (N'Dri *et al.*, 2011).

Nos résultats indiquent que les graines traitées à 50 mM+F20 contiennent des teneurs importantes de sucres. Par ailleurs l'application de la fluridone à 10µM et 20 µM associée ou non à la solution de NaCl stimule l'accumulation des sucres dans les graines de gombo.

De nombreux chercheurs ont mis en évidence l'intervention des composés phénoliques dans les phénomènes de germination et la croissance (Mubeen *et al.*, 2011 ; Tesio *et al.*, 2012). Pour exemple, les travaux de Vyvyan (2002) ont démontré que les coumarines comme la colchicine interviennent dans l'inhibition des processus de germination et la croissance des jeunes plants en arrêtant la mitose.

D'autres travaux montrent que les composés phénoliques empêchent la germination et la croissance des jeunes plants par leurs effets sur les processus métaboliques. Pour exemple, les composés phénoliques peuvent perturber ou changer l'activité et la fonction de certains enzymes nécessaires à la germination et à la croissance des graines, comme l'activité d' α -amylase, un enzyme important dans la dégradation de l'amidon (Khan *et al.*, 2008 ; Salhi *et al.*, 2013 ; Madany et Salah, 2015). De plus Isfahan et Shariati (2007) concluent que les composés phénoliques empêchent l'activité de l'acide indole 3-acétique (AIA) et de l'acide gibbérellique. Par ailleurs, Rahimzadeh *et al.* (2012) montrent que les composés phénoliques inhibent la division cellulaire des racines par une inhibition de l'activité de la GA3 et de l'AIA.

De plus, Das *et al.*, (2012) signalent que les composés phénoliques interviennent dans la voie de phosphorylation en empêchant l'activité du magnésium et de l'ATPase, et en diminuant la synthèse d'hydrate de carbone total, de protéines, et d'acide nucléique (ADN et ARN) par empêchement de leurs processus biosynthétiques.

D'autres études montrent que les composés phénoliques affectent les mécanismes fondamentaux des plantes comme la synthèse des protéines, la respiration, la diminution de l'ouverture des stomates, la perméabilité de la membrane (Rsaissi *et al.*, 2013 ; Abdel-Latif *et al.*, 2015 ; Algandaby *et al.*, 2016). De plus Fanny (2005) a rapporté que les tanins peuvent modifier le cycle de l'azote.

Rahimzadeh *et al.*, (2012) concluent que les flavonoïdes peuvent modifier le taux de transport d'électrons et la photophosphorylation.

Marie (2014) montre également que l'acide p-oxyphénylacétique intervient dans les processus de la germination soit comme stimulateur ou inhibiteur (ceci étant en fonction de leur concentration). Il ajoute que les végétaux supérieurs sont capables de dissocier entièrement les molécules des composés phénoliques et d'utiliser l'énergie emmagasinée.

Côme (1970) a démontré qu'il existe une corrélation positive entre l'élimination ou la destruction partielle des composés phénoliques tégumentaires et l'évolution de l'échelle de germination, et que parfois seule la vitesse du processus est affectée (Maasch et Ruge, 1970).

Nos résultats montrent que l'application de la salinité à 25 mM NaCl augmente la teneur des composés phénoliques dans les graines, alors que le traitement à 50 mM NaCl provoque une diminution de ces composés. D'autre part, l'apport de la fluridone stimule l'accumulation des composés phénoliques des graines de gombo en comparaison aux graines témoins. Les résultats des analyses qualitatives des composés phénoliques confirment aussi bien l'hypothèse de la richesse des graines témoins en flavonoïdes que la présence des coumarines. Par contre, les mucilages, les tanins et les anthraquinones sont totalement absents. De plus l'analyse d'extraits éthanoliques confirme l'existence des saponosides sous deux formes : à génine stéroïdiques et triterpéniques.

D'autre part, le traitement par la fluridone à 10 et 20µM provoque la présence de nouveaux groupements métaboliques comme les tanins, les mucilages et les anthraquinones ainsi que la richesse en coumarines par rapport aux graines témoins, ce qui explique l'évolution de la teneur en ces composés dans les graines. Par ailleurs, nos résultats révèlent que la salinité à 25 mM NaCl stimule la mobilisation des nouveaux groupes métaboliques comme les tanins et les mucilages ainsi qu'une richesse en coumarines de plus en plus importante.

D'autre part l'augmentation de la salinité à 50 mM induit une faible mobilisation de certains groupes métaboliques comme les saponosides, les mucilages et les flavonoïdes ce qui explique la diminution de leurs teneurs des graines traitées à 50 mM +F10 et 50 mM + F20.

L'étude réalisée par Ould Mohamdi *et al.*, (2011) puis Al Hassan *et al.*, (2016), Bendaly *et al.*, (2016) et Wenji *et al.*, (2018) montrent que les sucres solubles, la proline et les protéines comptent parmi les composés organiques qui jouent un rôle majeur dans l'ajustement osmotique de la plante au préalable perturbée par la présence excessive des ions Na^+ et Cl^- . Les travaux réalisés par Mahajan et Tuteja (2005), montrent que les plantes soumises à un stress salin ont tendance à accumuler de nombreux métabolites, tels que les solutés compatibles qui empêchent la perte d'eau par la cellule et protègent les protéines cellulaires.

Ouis (2016) rapporte qu'il existe des corrélations positives entre les teneurs en galactose et le rhamnose. En effet, les concentrations élevées en NaCl avantagent l'accumulation des sucres solubles impliqués dans l'ajustement osmotique et serviraient aussi comme osmoprotecteur pour maintenir la turgescence cellulaire chez les jeunes plantes de gombo.

Une autre étude réalisée par Achour (2016) montre que le NaCl améliore le contenu en sucre des feuilles jeunes ainsi que les racines des plantules d'*Abelmoschus esculentus*

Ces résultats sont similaires à ceux enregistrés dans notre étude. En effet une corrélation positive existe entre l'accumulation des sucres et l'évolution des concentrations en NaCl dans les racines des plantes de gombo. Des teneurs élevées en sucres sont enregistrées également avec les feuilles des plantes stressées à 100 mM de NaCl en comparaison avec les feuilles témoins.

Nos résultats montrent que l'application de la fluridone stimule l'accumulation des sucres dans les racines des plantes de Gombo, sauf celles traitées à 25 mM+ F10. Cet effet positif du traitement de la fluridone est également observé avec les feuilles des plantes traitées à 150 mM+F10 et 150 mM+F20 respectivement.

D'après Zhang *et al.*, (2006), les espèces végétales tolérantes au sel peuvent éventuellement survivre dans un état de stress salin grâce à d'autres mécanismes de défense tels que l'anti-oxydation. Récemment, certains chercheurs ont conclu que les contraintes abiotiques sont capables de stimuler la biosynthèse de polyphénols (Hong *et al.*, 2013 ; Ramakrishma et Ravishankar, 2011 ; Swieca *et al.*, 2014).

Nos résultats révèlent une faible diminution de la teneur en composés phénoliques au niveau des feuilles des plantes de gombo stressées au NaCl ; par contre, au niveau des racines, la teneur en ces composés évolue proportionnellement à la concentration de NaCl sauf celles traitées à 50 mM.

Des résultats similaires sont rapportés par Hajlaoui *et al.*, (2009) sur l'orge et le maïs puis par Achour (2016) sur le gombo.

Il est aussi à noter que dans nos expérimentations l'application de la fluridone à 10 μ M et 20 μ M entraîne une augmentation des composés phénoliques dans toutes les feuilles, excepté celles traitées à 100 mM+F10, 100 mM+ F20 et 150 mM+F10. D'autre part, le traitement de la fluridone a stimulé l'accumulation des composés phénoliques dans les racines traitées à 25 mM+F20, 50 mM+F20, 150 mM+ F20.

Afin de mieux comprendre les mécanismes de résistance des plantes stressées à la salinité, notre étude s'est basée sur l'effet combiné de la fluridone et/ou de la salinité sur la réponse des plantes.

Au terme de ce travail, le suivi de la germination des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. illustre que le taux et la vitesse de germination fluctuent en fonction du traitement appliqué. D'après les résultats obtenus, il est possible de retenir les points essentiels :

- La germination démarre le 1^{er} jour après le semis pour les lots de graines testées à la fluridone (10 μ M et 20 μ M). En effet, ce traitement induit un taux de germination cumulé qui progresse rapidement par rapport aux graines témoins estimé à 100%.

- Le stress salin associé à la fluridone à 20 μ M semble atténuer l'effet retardateur de la salinité en favorisant la germination des graines de gombo qui se manifeste dès le 1^{er} jour après le semis.

- La vitesse de germination, exprimée par son coefficient de vélocité varie d'une manière inverse par rapport à la concentration en NaCl.

- L'analyse biochimique des sucres et des composés phénoliques dans les graines illustre une variation dans l'accumulation de ces composés (sucres et composés phénoliques). Un pic d'accumulation des sucres est enregistré avec les graines traitées à la solution saline 50 mM de NaCl additionnée de fluridone à 20 μ M (2,79 mg.100 mg⁻¹ PS).

- La teneur la plus élevée de composés phénoliques est remarquée avec les graines traitées à la fluridone à 20 μ M (0,72 mg.100 mg⁻¹ PS).

- Les tests phytochimiques des extraits aqueux et éthanoliques concluent à une richesse des graines de gombo en différentes familles de métabolites secondaires comme les tanins, les flavonoïdes, les coumarines, les anthraquinones, les mucilages, les saponosides.

- Une richesse d'extraits aqueux en anthraquinones, en tanins et en mucilages est enregistrée avec les graines traitées à 20 μ M de fluridone.

- Une absence totale des tanins, des mucilages, et des anthraquinones est observée chez les graines témoins dans les deux extraits aqueux et éthanoliques.

- Le traitement des graines de gombo à la salinité 25 mM et 50 mM de NaCl stimule la présence de quelques groupes métaboliques comme les tanins, les mucilages, les anthraquinones.

- Les graines d'*Abelmoscus esculentus* L. semblent exprimer une sensibilité à la salinité à 50 mM de NaCl, en effet une diminution en flavonoïdes et en saponosides est enregistrée chez les graines traitées.

Au stade plante, l'analyse des sucres et des composés phénoliques des plantes de gombo traitées à la salinité associée de fluridone à deux concentrations (10µM, 20µM) permet de retenir les points essentiels :

- Une teneur importante des sucres est enregistrée chez tous les racines des plantes traitées quelque soit le traitement, excepté celles traitées à 25 mM +F10, dont le pic d'accumulation est estimé à 6,05 mg.100 mg⁻¹ PS sous le traitement 150 mM NaCl.

- Une teneur élevée des sucres est observée dans les feuilles traitées à 150 mM +F10, 150 mM+F20 dont le pic d'accumulation est respectivement estimé à 4,61 mg.100 mg⁻¹ PS et 4,94 mg.100 mg⁻¹ PS.

- Les hausses des teneurs des composés phénoliques sont observées dans les feuilles des plantes traitées à F20, 25 mM +F10, 25 mM +F20 (2,47 mg.100 mg⁻¹ PS, 2,38 mg.100 mg⁻¹ PS, 2,50 mg.100 mg⁻¹ PS respectivement).

- Une teneur importante des composés phénoliques est observée dans les racines des plantes traitées à 25 mM +F20, 150 mM de NaCl estimé de 1,04 mg.100 mg⁻¹ PS, 1,07 mg.100 mg⁻¹ PS respectivement.

Bien que l'objectif de ce travail soit la recherche du comportement du gombo vis-à-vis du stress au NaCl et de la fluridone en se basant sur l'étude des paramètres physiologiques et biochimiques au stade de germination des graines et au stade végétatif, il est intéressant de poursuivre l'analyse du comportement de gombo dans tous ses stades de développement à cause des nombreuses questions posées pour élucider les mécanismes des plantes sous les contraintes abiotiques.

- Elargir cette étude par une analyse qualitative des métabolites secondaires au niveau des racines pour réunir des informations complémentaires sur le rôle de ces composés dans la partie sous-terrine de la plante pour mieux comprendre les mécanismes d'adaptation du gombo en conditions stressantes et définir les possibles propriétés d'exclusion ou d'inclusion du Na⁺ comme celles adoptées par certaines halophytes.

- Compléter l'analyse quantitative des composés phénoliques dans la partie foliaires par une analyse qualitative des différentes familles de métabolites secondaires

comme les mucilages et les alcaloïdes, afin de mieux connaître leurs rôles dans les graines et les plantes soumises au stress.

- Compléter l'étude par une analyse quantitative de l'ABA dans les graines et les plantes pour mieux expliquer la relation entre la fluridone et la biosynthèse de cette hormone sous stress.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbes S.T., Pervez M. A., Ayyub C. M., Ahmed R., 2013-** Assesment of morphologique, antioxidant, biochemical and ionic reponses of salt tolerant and sensitive okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under saline regime. *Pak J. life soc. Sci*, Vol 11(2), p. 147-153.
- Abdallah A., Debez A., Barhoumi Z., Smaoui A. et Abdelly C., 2009-** ABA, GA(3), and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions, *Comptes rendus biologies* , Vol. 332, Issue 8, p. 704–710.
- Abdel-Latif A., EL-Darier S., Abdel-Razik M., Salem S., 2015-** Biomonitoring of Allelopathy between *Salix alba* L. and Five *Triticum* Cultivars at Delta Region, Egypt. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol 8(3), 295-301.
- Achour A., 2016-** Caractérisations physiologique et biochimique du Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) sous stress salin, thèse doctorat en sciences biologiques, p. 1- 120.
- Adams C.F., 1975-** Nutritive value of American foods in common units, U.S. Department of Agriculture, *Agric Handbook* , Vol. (425), p. 29-66.
- Adetuyi F.O., Osagie A.U., Adekunle A.T., 2008-** Effect of Postharvest Storage Techniques on the Nutritional Properties of Benin Indigenous Okra *Abelmoschus esculentus* L. *Pakistan J. Nutrit* , Vol (7), p. 652-657.
- Aladele S.E., Ariyo O.J., Lapena R.d., 2008-** Genetic relationships among West African okra (*Abelmoschus caillei*) and Asian genotypes (*Abelmoschus esculentus*) using RAPD. *Indian Journal of Biotechnology*, Vol 7(10), p. 1426-1431
- Alain F., 2003-** Le stress oxydant, Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, Laboratoire Lésions des acides nucléiques, Centre d'Étude Nucléaire de Grenoble, rue des Martyrs, 38054 Grenoble. *Mécanismes biochimiques*, p. 108-115
- Algandaby M., EL-Darier S.M., 2016-** Management of the noxious weed; *Medicago polymorpha* L. via Allelopathy of some medicinal plants from Taif region, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. Ref 49, Doi- org (10-1016), p.562-1319.
- Al-Hassan M., Chaurai J., Lopez-Gresa M.P., Borsai O., Daniso E., Donat-Torres M.P., Mayoral O., Vicente O., and Boscaiu M., 2016-**Native-Invasive Plants vs. Halophytes in Mediterranean Salt Marshes: Stress Tolerance Mechanisms in Two Related Species , *Frontiers in Plant Science*, Vol. 7, article. 473.
- Allakhverdieva Y.M., Mamedou M.D. Gasanov R.A., 2001-** The Effect of Glycinebetaine on the Heat Stability of photosynthetic Réactions in Thylakoid Membranes. *Turk. J. Bot.* Vol. 25, p. 11-17.
- Angela G. Poovey-John G., Skogerboe, Kurt D., Getsinger, 2004-** Efficacy of AVAST. Fluridone Formulation Against Eurasian Watermilfoil and Nontarget Submersed Plants. Aquatic Plant Control Research Program. P. 29.
- Apel K., Hirt H. 2004-** Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* Vol 55 (1), p. 373-399.
- APG II, 2003-** An update of the angiosperm phylogeny groupe, classification for orders and families of flowering plants: APG II Bot. J. Linn. Soc. 141, p. 399-436.
- Arbaoui M., 2016-**Effet du stress salin sur des plantules de tomate (*lycopersicon esculentum* Mill) cultivées sur substrat sableux amendé en bentonite, Thèse doctorat en sciences biologiques, p.168.
- Arias R.S., Netherland M.D., Scheffler B.E., Puri A., Dayan F.E., 2005-** Molecular evolution of herbicide resistance to phytoene desaturase inhibitors in *Hydrilla verticillata* and its potential use to generate herbicide-resistant crops. *Pest Manag Sci* . Vol 61, p. 258-268.
- Asada K., 2006-** Production and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Functions. *Plant Physiology*, Vol 141(2), p. 391-396.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ashraf M., 2008-** Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using anitoxidants as markers. *Biotechnol. Adv.* Vol 27(1), p. 84-93.
- Ashraf M., and Foolad M.R., 2007-** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* Vol 59(2) , p. 206–216.
- Ashraf M., Harris P.J.C., 2004-** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *J. Plant Sci.*, Vol. 166, p. 3-16.
- Askri H, Rejeb S., Jebari H., Nahdi H. et Rejeb M.N., 2007-**Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrus lanatus* L.). *Sécheresse* 18 vol. 1, p. 51-55
- Asloun H., 1990-** Elaboration d'un système de production maraîchère (*Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia, p. 24- 32.
- Atia A., Debez A., Barhoumi Z., Smaoui A., Abdelly C., 2009-** ABA, GA₃ and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline conditions, *Comptes rendus biologiques*, N° 8, Vol. 332, p. 704-710.
- Attia F., 2007-** Effet du stress salin sur le comportement écophysologique et la maturité phénologique de la vigne *Vitis vinifera* L.: Etude de cinq cépages autochtones midi-pyrénées. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. L'Institut National Polytechnique de Toulouse, France. p 194.
- Aubert Y., 2011-** Rôles de deux protéines à El-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 doctorat, Université Paul-Sabatier, France, P. 306.
- Baker A., Graham I.A., Holdsworth M., Smith S.M and Theodoulou F.L., 2006-** Chewing the fat: β -oxidation in signalling and development. *Trends in Plant Science*, Vol 11(3), p.124-132.
- Bartels D., and Sunkar R. 2005-** Drought and salt tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* Vol 24(1) , p. 23-58.
- Bayuelo-Jimenez, J.S., Craig, R. et Lynch, J.P., 2002.-** Salinity tolerance of species during germination and early seedling growth. *Crop Science*, vol. 42(5) , p. 1584-1594
- Bazzano L.A., Serdula M.K., Liu S., 2003-** Dietary intake of fruits and vegetables and Risk of Cardiovascular Disease. *Curr Atheroscler Rep* , Vol 5(6), p. 492-499
- Belkhdja M., 2000-** The biochemical markers of the salt plant (*faba bean*) tolerance in arid countries: a particular study of the proline biosynthesis. *Annals of Agricultural Science (Cairo)*, ref. 32, Vol. 3, p.1041-1051.
- Bellaire B.A., Carmody J., Braud J., Gosset D.R., Banks S.W., Cran-Lucas M., 2000-** InVolvement of abscisic acid dependent and independent path ways in the upregulation of antioxidant enzyme activity during NaCl stress in cotton callus. Tissue. *Free. Rad. Res*, Vol (33), p. 531-545.
- Belyagoubi -Benhammou N., 2011-** Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien, Doctorat en Biologie Option : Substances Naturelles, Activités biologiques et Synthèse, p. 161.
- Ben Dkhil B., Denden M., 2014-** Effet de la température sur la germination, la dégradation des réserves protéiques et minérales des graines du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.), *Journal of New Sciences* Vol. 5(4), p. 25-33.
- 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), p. 167-74.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ben Yahmed J., 2013** - Etude des propriétés de tolérance au déficit hydrique et au stress salin de génotypes appartenant au genre *Poncirus* et au groupe des mandariniers, Thèse doctorat en Biologie Intégrative des Plantes, p. 200.
- Benchasri S., 2012-** Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a Valuable Vegetable of the World , IFVC, Ratar. Povrt . 49, p. 105-112.
- Bendaly A., Messedi D., Smaoui A., Ksouri R., Bouchereau A., Abdelly C., 2016-** Physiological and leaf metabolome changes in the xerohalophyte species *Atriplex halimus* induced by salinity, *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol.103,p.208-218
- Benidire L., Daoui K., Fatemi Z.A., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K., 2015-** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *J. Mater. Environ. Sci.* Vol. 6 (3), p. 840-851.
- Benlaladj A., 2017-** Etude comparative des paramètres physiologiques et biochimiques de trois espèces de Vigna (*Vigna mungo* L., *Vigna unguiculata* L. et *Vigna radiata* L.) stressées à la salinité, Thèse doctorat en sciences biologiques, p. 77.
- Berard D., Rainey D., and Lin C., 1978-** Absorption, translocation, and metabolism of fluridone in selected crop species. *Weed Science*, Vol (26), p. 252-254.
- Biaye, 2002-** Actions pharmacologiques des tanins, université cheikh anta diop de Dakar, thèse Doc en Pharmacie, p. 101.
- Bidai Y., 2017-** Caractérisation biochimique des marqueurs physiologiques et métaboliques de la résistance au stress salin chez l'halophile *Atriplex halimus* L., Thèse doctorat en sciences biologiques, p. 125.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V., 2003-** Antioxidants, Oxidative damage and Oxygen deprivation stress a review. *Annals of Botany* , Vol 91(2, p. 179-194.
- Bohnert H.J., Jensen R.G., 1996-** Stratégies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology* , Vol (14), p. 89-97.
- Boizot N., and Charpentier J.P., 2006-** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. Le cahier des techniques de l'Inra. p. 79-82.
- Bossokpi P.L., 2002-** Etude des activités biologiques de Fagara xanthoxyloïdes LAM (Rutaceae). Thèse de pharmacie, (Bamako), p. 133.
- Bouaouina S., Zid E., et hajji M., 2000-** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). *Ciheam-Options Méditerranéennes*. p. 239-243.
- Boubekri C., 2014-** Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques. Thèse Doctorat en sciences, Spécialité : Chimie, p176
- Bouchoukh I., 2010-** Comportement éco-physiologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin, Thèse Magister, Univ Mentouri- Constantine, p. 7-8.
- Bouda S., Haddioui A., 2011-** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex* sp. *Nature et technologie* , Vol 5, p. 72-79.
- Bouhaddi K., 2009-** Réponses physiologiques, biochimiques et anatomiques chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) au stress de la salinité. Thèse, magistère, université d'Oran. P. 123.
- Boumia O., 2011-** Interaction fluridone et salinité sur la germination des graines du Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) Mémoire de Magister en physiologie végétale, p. 1-130.
- Bourgou S., Ksouri R., Bellila A., Skandrani I., Falleh H., Marzouk B., 2008-** Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *C. R. Biologies*, Vol 331, p. 48-55.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bouzayen M., Pech J.C., Latché A., 2002-** Maturation des fruits In: Technologies de transformation des fruits. (Sciences et Techniques Agroalimentaires). France, p. 79-102.
- Bouزيد S., 2010-** Etude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L., Mémoire de magistère en Biologie Végétale, Option : Ecophysologie et Biotechnologie Végétale, p. 124.
- Boveris A., Chance B., 1973-** The mitochondrial generation of hydrogen peroxide. General properties and effect of hyperbaric oxygen. *Biochemical Journal*, Vol 134(3), p. 707-716.
- Brosché M., Merilo E., Mayer F., Pechter P., Puzorjova I., Brader G., Kangasjärvi J., Kollist H., 2010-** Natural variation in ozone sensitivity among *Arabidopsis thaliana* accessions and its relation to stomatal conductance. *Journal of Plant, Cell and Environment*, Vol (33), p. 914-925.
- Brosche M., Overmyer K., Wrzaczek M., Kangasjärvi J., et Kangasjärvi S. 2010-** Stress signaling III: Reactive oxygens species (ROS). In Pareek A. Sopory S.K , Berhnert H.J., et Govindjee (eds). Abiotic stress adaptation in plants Physiological, molecular and genomic foundation. Springer, p. 91-102.
- Brun A., 1980-** Effets comparés de différentes concentrations de NaCl sur la germination, la croissance et la composition de quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie. Thèse Doctorat, Montpellier. P. 1-113.
- Bruneton J., 1999-** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3^{ème} Ed Tec et Doc. Paris. p. 101-120.
- Calisir S., Yildiz M. U., 2005-**A study on some physico-chemical properties of Turkeyokra (*Hibiscus esculenta*) seeds. *Journal of Food Engineering*, Vol 68,73-78.
- Camara B., SanogO S., Cherif M., Kone D., 2018-** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*), *Journal of Applied Biosciences*, ISSN 1997-5902, vol. 124, p. 12424-12432
- Camara B., Sanogo S., Cherif M., Kone D., 2018-** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*), *Journal of Applied Biosciences* , Vol. 124, p. 12424-12432.
- Cao Y., Wang Y., Ji K., Dai S., Li Q., Duan C., Chen P., Wu Y., Sun Y., Luo H., and Leng P., 2013-** Effects of different harvest maturities and exogenous ABA, fluridone, and ethephon treatments on fruit ripening of “Zhonghuashoutao” peach. *Acta Alimentaria Hungarica*, Vol 42, p. 186-197.
- Castaneda-Ovando, A., M. d. L. Pacheco-Hernandez, M. E. Paez-Hernández, J. A. Rodriguez et C. A. Galan-Vidal, 2009-** Chemical studies of anthocyanins. review *Food Chemistry*, Vol. 113(4), p. 859-871.
- Chen T.H., Murata N., 2002-** Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Curr. Opin. Plant Biol.* Vol. 5(3), p. 250–257.
- Chen Z., Igor I. Pottosin, Tracey A. Cuin, Anja T. Fuglsang, Mark Tester, Deepa Jha, Isaac Zepeda-Jazo, Meixue Zhou, Michael G. Palmgren, Ian A. Newman, and Sergey Shabala.,2007-** Root Plasma Membrane Transporters Controlling K⁺/Na⁺ Homeostasis in Salt-Stressed Barley. *Plant Physiol.* Vol. 145, p. 1714-1725.
- Chen-Shang-W., and Zhang-D.P., 2000-** Effects of abscisic acid and fluridone on ripening of apple fruits. *Acta Phytophysiologica Sinica*, Vol 26, p. 123-129.
- Chorfi A., Taïbi K., 2011-** Physiological behavior of wheat genotypes from Algerian semi-arid regions grown under salt stress *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 5(23), p. 636-641

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Cokkizgin A., 2012-** Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination, Not Bot Horti Agrobo, 40 (1): 177-182
- Collins N.C., Tardieu F., and Tuberosa R., 2008-** Quantitative Trait Loci and Crop Performance under Abiotic Stress: Where Do We Stand?. *Plant Physiol.* Vol. 147, p. 469-486.
- Côme D., 1970.** Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Ed. Masson et Cie (Paris), p. 162.
- Cushman J.C., 2001-** Osmoregulation in plants: Implication for agriculture. *Am. Zool.* Vol. 41(4), p. 758-769.
- Dacosta, E., 2003-** Les phytonutriments bioactifs, Yves Dacosta (Ed). Paris. p. 317.
- Dandena.G., 2010-** Shifting to alternative food source: potential to overcome ethiopia's malnutrition and poverty problems. Emilie Coudel, Hubert Devautour, Christophe-Toussaint Soulard, Bernard Hubert. Cirad-Inra-SupAgro, HAL Id: hal-00521217, p. 10.
- Das C.R., Mondal N.K., Aditya P., Datta J.K. , Banerjee A., Das K., 2012-** Allelopathic Potentialities of Leachates of Leaf Litter of Some Selected Tree Species On Gram Seeds Under Laboratory Conditions. *ASIAN J. exp. biol. sci.* Vol 3 (1), p. 59-65.
- Dat J., Vandenabeele S., Vranová E., Van Montagu M., Inzé D., Van Breusegem F., 2000-** Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences (CMLS)*, Vol 57(5), p. 779-795.
- David B., 2005-** EVolution des compétences morphogénétiques des cultures de Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait) obtenues par embryogenèse somatique, et ses conséquences sur l'efficacité de ce système de multiplication végétative, Thèse doctorat en biologie végétale et forestière.
- Debbie E., 2004-** Report of the Food Quality protection Act(FQPA) Tolerance Reassessment Progress and Risk Management Decision (TRED) for Fluridone 2, p. 6.
- De-Lannoy G., 2001-** Gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.), *Moench.*) in : Agriculture en Afrique 1 Tropicale. Légumes. Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI).p. 478-484.
- Demir I., Mavi K., Ozcoran M., 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*, Vol 51, p. 125-131.
- Derbel S., Ghedira k., 2005-** Les phytonutriments et leur impact sur la santé. Phytothérapie et nutrition. Springer ©, Vol 1, p. 28-34.
- Desclos M., Dubousset L., Etienne P., Françoise Le Caherec, Hiroyushi Satoh, Josette Bonnefoy, Alain Ourry, and Jean-Christophe Avice., 2008-** A Proteomic Profiling Approach to Reveal a Novel Role of *Brassica napus* Drought 22 kD/Water-Soluble Chlorophyll-Binding Protein in Young Leaves during Nitrogen Remobilization Induced by Stressful Conditions. *Plant Physiol.* P. 147.
- Diallo B., Samba S.A.N., Sane D., Diop T., 2013-** Effet du chlorure de sodium sur la germination de graines de *Ricinus communis* L. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 7(4), p. 1534-1544.
- Dikeman C.L., Fahey G.C. 2006-** Viscosity as related to dietary fiber: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr* , Vol 46(8), p. 63-649.
- Douaoui A. et Hartani T., 2008-** Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-chellif. *Scientific commons.* Vol 2(3), p. 9.
- Drexler D.M., and Flechter R.A., 1981-** Inhibition of photosynthetic pigments in cucumber cotyledons as a principle for a bioassay with fluridone. *Weed Research , international journal of weed biology ,Ecology and vegetation Management* ,Issue 2, Vol 21, p. 71-76.
- Dubois M., Gille K.A., Hamilton J.D., 1956-** Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. *Anal Chem*, Vol. 28, p 350-356.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dubois C., 2001-** Réponse moléculaire de jeunes plantes de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse doctorat. Université Henri Poincaré France p. 1-291.
- Durkin P. R. 2008-** Fluridone: Human health and ecological risk assessment, final report. Report submitted to USDA Forest Service, Southern Region. Syracuse Environmental Research Associates, Inc., Fayetteville, NY.
- Edreva A ., 2005-** Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 106, p. 119-133.
- Eilers R. G., Wiebe B. H., Eilers W. D., and Brierley J. A. , 2006-** Application of a risk indicator for assessing trends in dryland salinization risk on the Canadian Prairies.
- Ekoumou C., 2003-** Etude phytochimique et pharmacologique de cinq recettes traditionnelle utilisés dans le traitement des infections Urinaire et la Cystite. Thèse Pharmacie, Bamako , p.145.
- ElGharras H. 2009.** Polyphenols: Food sources, properties and applications - A review. *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 44(12): 2512–2518.
- El-Goumi Y., Fakiri M., Lamsaouri O., Bencheikroun M., 2014-** Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivas. *Journal of Materials and Environmental sciences*, Vol 5(2), p. 625-632.
- El-Madidi S., El-Baroudi B., Bani A., Ameer F., 2004-** Effects of salinity on germination and Early growth of Barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivas. *International Journal of Agriculture et Biology*, Vol 6(5), p. 767-770.
- Fahramand M., Mahmoody M., Keykha A., Noori M., Rigi K., 2014-** Influence of abiotic stress on proline, photosynthetic enzymes and growth. *J. Appl. Basic. Sci*, Vol. 8(3), p. 257-265.
- Fanny B., 2005-** Mise en évidence du potentiel allélopathique de la graminée *Festuca paniculata* dans les prairies subalpines. Sciences du vivant- Biodiversités Ecologie et environnement. Rapport de stage de master. University Joseph Fourier, p. 1-18.
- FAO , 2011-** The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)-Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- Faostat., 2013-** FAO Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Based on data from the 2012 crop year downloaded October 2013 from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> 2011, Fiber Organon-information CNRA.
- Fellner M. and Sawhney V.K., 2001-** Seed germination in a tomato male-sterile mutant is resistant to osmotic, salt and low temperature stresses. *Theor. Appl. Genet.* Vol (102), p. 215-221.
- Felter H., Wickes L., John U.R.I., 2011-** King's American Dispensatory., Retrieved (27), p.18-98.
- Fernandez M.L., 2001-** Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. *Curr Opin Lipidol*, Vol. 12(1), p. 35-40.
- Flechter R.A., Meru S.V., and Bhardwaj S.N., 1984-** Reversal of fluridone-reduced chlorophyll accumulation in cucumber (*Cucumis sativus*) cotyledons by stimulatory compounds. *Weed Science*, Vol (32), p.722–726.
- Foerster E., Fahrenkemper T., Rabe U., Graf P., Sies H., 1981-** Peroxisomal fatty acid oxidation as detected by H₂O₂ production in intact perfused rat liver. *Biochemistry Journal*, Vol 196(3), p. 705-712.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Fondio L., Kouame C., N'zi J.C., Mahyao A., Agbo E., et Djidji A.H., 2007-** Survey of Indigenous Leafy Vegetable in the Urban and Peri-urban Areas of Côte d'Ivoire. *Acta Horticulturae*, 752, p. 287-289.
- Ford A., 2001-** The in vitro dermal absorption and metabolism of coumarin by rats and by human Volunteers under simulated conditions of use in fragrances. *Food and Chemical Toxicology*, Vol (39) p. 153-162.
- Foyer C.H and Noctor G., 2000-** Oxygen processing in photosynthesis: regulation and signalling. *New Phytologist. Tansley .Review* N°112, Vol 146, p.359-388.
- Foyer C.H and Noctor G., 2003-** Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiologia Plantarum* , Vol (119), p. 355-364.
- Fraga-Cesar G., Oteiza-Patricia I., 2011-** Dietary flavonoids: Role of epicatechin and related procyanidins in cell signaling. *Free Radical Biology et Medicine*, Vol (51), p. 813–823.
- Frankel E.N. 1984-** Chemistry of free radical and singlet oxidation of lipids. *Prog. Lipid Res.* Vol 23(4), p. 197-221.
- Fujita Y., Fujita M., Yamaguchi-Shimozaki K., 2011-** ABA mediated transcriptional regulation in response to osmotic stress in plants, *J. Plant. Research*, Vol.17, p.1-17.
- Gama P., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R., 2007-** Physiological response of commonbean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress, *African journal of biotechnology*, Vol. 6(2), p. 79-88.
- Getachew O., 2001-** Food source diversification: Potential to ameliorate the chronic food insecurity in Ethiopia. in Proceedings of the Potential of Indigenous Wild Foods. Work shop proceedings, p. 22-26.
- Getsinger K.D., Poovey A.G., James W.F., Stewart R.M., Grodowitz M.J., Maceina M.J., Newman R.M., 2002-** Aquatic Plant Control Research Program, Management of Eurasian Watermilfoil in Houghton Lake. Michigan : Workshop Summary, ERDC El TR – 02-24, U.S.Army Engineer research and Development Center, Vicksburg, M S. p. 59.
- Ghestem A ., Seguin E ., Paris M., Orecchioni A.M., 2001-** Le préparateur en pharmacie. Dossier 2.Editions TEC et DOC Paris. p.275.
- Ghoulam C., Foursy A., et Fares K., 2002-** Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.* Vol. 47, p. 39-50.
- Gille E., Stanescu U., 2013-** Phytotoxicity Assessment of Polyphenolic Extracts From *CarumCarvi* L. Fruits. *Farmacina*. Vol (61), p.12-19.
- Girotti -Chanu C., 2006-** Etude de la lipolyse et de la synthèse de composés du derme sous l'effet de la cirsimarine, flavone extraite de miirotea de bilis. Thèse de Doctorat. Institut national des sciences appliquées de Lyon, p.136.
- Góraj-Koniarska J., Saniewski M., Kosson R., Wiczowski W., Horbowicz M., 2017-** Effect of fluridone on some physiological and qualitative features of ripening tomato fruit, *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*. Vol. 59(2), p. 41-49.
- Goupy P., Dufour C., Loonis M., Dangles O., 2003-** A quantitative kinetic analysis of hydrogen transfer reactions from dietary polyphenols to the DPPH radical. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 51(3), p. 615-622.
- Grattan S.R., Grieve C.M., 1994-** Mineral nutrien acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessaraki, M. (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York, p. 203-226.
- Gregory E., Macdonald A., Donn G., Shilling A., 2009-** Interactive Effect of photoperiod and Fluridone on Growth, Reproduction, and Biochemistry of Dioecious Hydrilla (*Hydrilla Verticillata*). *Weed Science*, Vol 56(2) , p.189-195.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Grisi P U., Gualtieri S C. J, Ranal M. A. and Garcia Santana D G., 2012-** Allelopathic interference of *Sapindus saponaria* root and mature leaf aqueous extracts on diaspore germination and seedling growth of *Lactuca sativa* and *Allium cepa*. *Brazilian Journal of Botany*. Vol. 35(1), p. 1-9.
- Guerrier G., 1996-** Fluxes of Na⁺, K⁺ and Cl⁻, and osmotic adjustment in *Lycopersicon pimpinellifolium* and *Lycopersicon esculentum* during short- and long-term exposures to NaCl. *Physiol. Plant*. Vol. 97, p. 583-591.
- Gupta B., Huang B., 2014-** Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. *Int J Genomics* , doi: 10.1155/701596, vol . 2014(1), p. 18.
- Habtamu F.G, Ratta N., Haki G.D., Woldegiorgis A. Z., and Beyene F., 2014-** Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*). *J. Food. Sci. Qual. Manag.* ISSN 2224-6088 (Paper) ISSN 2225-0557 (Online) , Vol(33), p. 87-96.
- Hajlaoui H., Denden M., et Bouslama M., 2007-** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade de germination. *Tropicultura*, Vol 25(3), p. 168-173.
- Hajlaoui H.,Denden M., El-Ayeb N., 2009-** Differential reponses of *Zea mays* L. varieties to salt stress, changes on polyphénols composition of foliage and oixitative damager. *Industial crops and products*, Vol 30(1), p.144-151.
- Halliwell B., 2006-** Reactive Species and Antioxidants. Redox Biology Is a Fundamental Theme of Aerobic Life.*Plant Physiology*. 141(2), p. 312-322.
- Hamon S., et Charrier A., 1997-**Les gombos. L'amélioration des Plantes Tropicales. Coédition CIRAD–ORSTOM, France, p. 313-333.
- Hamon S., et Koechlin J. 1991-** The reproductive biology of okra. Study of the breeding system in four *Abelmoschus* species. Laboratoire de Ressources Génétiques et Amelioration des Plantes Tropicales. *Euphytica*, Issue 1, Vol 53, p.41-48.
- Hanana M., Hamrouni L., Cagnac O. et Blumwald E., 2014-** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes, *Environmental Reviews*, CNRC, Vol (19), p.121-141.
- Haouala F., Ferjani H., Ben El Hadj S., 2007-** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol 11(3), p. 235-244.
- Hartmann T., 2007-** From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, Issue 22–24 Vol (68), p. 2831–2846.
- He Z., Xia W., Chen J., 2008-** Isolation and structure elucidation of phénolics compounds in Chinese olive (*Cnarium album* L.) fruit. *European Food Research and Technology*. Vol. 226, p. 1191-1196.
- Hennebelle T., Sahpaz S., Bailleul F., 2004 -** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie* (1), p. 3-6.
- Hong S.Y., Roze L.V., Linz J.E., 2013-** oxidative stress related transcription factors in the regulation of secondary metabolisim. *Taxins*, Vol 5(4), p. 683-702.
- Hong Wu, 2018-** Plant salt tolerance and Na⁺ sensing and transport, *the crop journal*, Vol. 6 , p. 215- 225.
- Hong Z., Lakkineni K., Zhang Z., Verma D. P.S., 2000-** Removal of Feedback Inhibition of Pyrroline-5-Carboxylate Synthetase Results in Increased Proline Accumulation and Protection of Plants from Osmotic Stress. *Plant Physiology*, Vol 122, p. 1129-1136
- Houman F., Yurdagul F., Edward T., Daiqing H., Adrian J., Cutler A., 2009-** Metabolic and hormonal processes associated with the induction of secondary dormancy in *Brassica napus* seeds. *Botany*, Vol 87, p. 585–596

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Huang Z., Wang B., 2007-** Phenolic compound profile of selected vegetables frequently consumed by African Americans in the southeast United States. *Food Chemistry*, Vol 103, p. 402-1395.
- Hubbard K.E., Nishimura N., Hitomi K., Getzoff E.D., Schroeder J.I., 2010-** signal transduction mechanisms: newly discovered components and newly emerging questions. *Genes and development*, Vol. 24, p. 1625-1708.
- Huibo R., Zhihui G., Lin C., Kaifa W., Jing L., Yijuan F., William J.D., Wensuo J., Jianhua Z., 2007-** Dynamic analysis of ABA accumulation in relation to the rate of ABA catabolism in maize tissues under water deficit, *Journal of Experimental Botany*, Vol 58(2), p. 211–219.
- Hussain S., Sajid M., Amin M., Alam N.U., Zafar I., 2006-** Response of Okra cultivars (*Abelmoschus esculentus*) to different sowing times. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, Vol 1, p. 55-59.
- Ibn Maaouia-Houimli S. , Denden M., Bouthaina D.M., Ben mansour-gueddes S. 2011-** Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.) sous stress salin, *Tropicultura*, vol. 29(2), p. 75-81
- Ibrahim M.M.M., Dafalla M.S., Elhag A.M.H., Ibrahim I.S., 2013-** Monitoring, predicting and quantifying soil salinity, sodicity and alkalinity in Sudan, Using soil techniques, Remote sensing and Gis analysis, Case Study. *International journal of scientific and research publications*, Vol. 3(3), p. 1-7.
- Igor P., 2002-** Etude des activités biologique de Fagara zanthoxyloïdes, lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako, p.133.
- Imlay J.A., and Linn S. 1988-** DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, Issue 4857, Vol 240, p. 1302-1309.
- Isfaha M.N., Shariati M., 2007-** The Effect of Some Allelochemicals on Seed Germination of *Coronilla varia* L. Seeds. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* Vol 2(5), p. 534-538.
- Iyengar E.R.R., Reddy M.P., 1996-** Photosynthesis in high salt-tolerant plants. In: *Hand Book of Photosynthesis*, M. Pesserkali (Ed.), Marshal Dekar, Baten Rose, USA, ISBN 08247 97086, p. 56.
- Jabnour M., 2008-** Adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation du transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat. Physiologie végétale et biologie Moléculaire univ Montpellier II. p. 1-127
- Jaimes-Miranda F., 2006-** La régulation transcriptionnelle du type MBF1 et d'un facteur de transcription de la famille des ERF chez la tomate. Thèse doctorat.
- Jamil A., Ria Z.S., Ashraf M., Foulad M.R., 2011-** Gene expression profiling of plants under salt stress. *Crit. Rev. Plant. Sci*, Vol. 30, p. 435-458.
- Jamil M., Charnikhova T., Verstappen F., and Bouwmeester H., 2010-** Carotenoides inhibitors reduce strigolactone production and *Striga hermonthica* infection in rice. *Archives of Biochemistry and Biophysics (ELSEVIER)*, Issue 1, Vol 504, p. 123-131.
- Jullien M., Bouinot D., Ali-Rachedi S., Sotta B., and Grappin P., 2000-** Abscissic acid control of seed dormancy expression in *Nicotiana plumbaginifolia* and *Arabidopsis thaliana*. In: Viemont J-D and Crabbe J (eds). *Dormancy in Plants*, p. 195-210.
- Kadri k., Maalam Scheikh M.H., Benabdallah A., Rahmoune C., Bennaceur M., 2009-** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge (*hordeum vulgare* l.), *Sciences et Technologies*, Vol 29, p. 72-79.
- Kaya M.D., okcu G., Atak M.C., Kipi Y., Kolsaraci O., 2006-** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.) *European Journal of Agronomy*, Issue 4, Vol (24), p. 291-295.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Keil et al., 2004-** Tannins elevate the level of poly (ADP-ribose) in HeLa cell extracts, Archives of Biochemistry and Biophysics, Issue 1, Vol 425, p. 115-121.
- Khajeh-hosseini M., Powella A., Bingham I.J., 2003-** The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of son, bean seeds. *Sci Technol* 31, p. 715-725.
- Khaled T., Taïbi F., Ait Abderrahim L., Ennajah A., Belkhodja M., Miguel-Mulet J., 2016-** Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, Vol. 105, p. 306-312.
- Khan A., Qureshi R., Ullah F., Gilani S., Nosheen A., Sahreen S.,Laghari m K., Laghari m Y., Rehman S., Hussain I., Murad W., 2011-** Phytochemicals analysis of selected medicinal plant of Margalla Hills and surroundings. *Jornal of medicinal plants research*, Vol 5 (25), p 6017-6023.
- Khan M. A., Hussain I., Khan E. A., 2008-** Allelopathic effects of eucalyptus(*Eucalyptus Camaldulensis* L.) on germination and seedling growthof wheat (*Triticum Aestivum* L.).Pak. J. Weed Sci. Res. Vol (14), p. 9-18.
- Khanbaba K., Ree T.R., 2001-**Tannins: Classification and Defenition. *Journal of Royal Society of Chemistry*, Vol (18), p. 641-649.
- Kiling O., 2011-** Etude du mode d'action et du devenir d'un herbicide l'aclonifen.Thèse de doctorat. Université de Grenoble. p. 1-240.
- Klíčová Š., Šebánek J., Hudeová M., Vítková H., Vlašínová H., 2002-** The effect of fluridone and flurochloridone on the incidence of albinism in pea (*Pisum sativum*) and on the abscission of leaves of privet (*Ligustrum vulgare*) Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Czech Republic Vol(6), p. 255-260.
- Kocsy G., Laurie R., Szalai G., Szilagyi V., Simon-Sarkadi L., Galiba G., and de Ronde J.A. 2005-** Genetic manipulation of proline levels affects antioxidants in soybean subjected to simultaneous drought and heat stresses. *Physiol. Plant.* Vol 124(2) , p. 227-235.
- Kotowski F.,1926-** Les relations de température à la germination des semences de légumes. Actes de l'American Society for Horticultural Science 23, p. 176-184.
- Kumar R., Patil M.B., Patil S.R., Paschapur M.S., 2009-** Evaluation of *Abelmoschus esculentus* mucilage as suspending agent in paracetamol suspension. Intern. J. PharmTech Res (1) p. 658-66.
- Kumar S., Dagnoko S., Haougui A., Ratnadass A., Pasternak D., Kouame C., 2010-** Okra (*Abelmoschus sp.*) in West and Central Africa: potential and progress on its improvement. African J. Agric. Res. Vol 5, p. 3590-3598.
- Kusumoto D., Chae S.H., Mukaida K., Yoneyama K., Yoneyama K., Joel D.M. and Takeuchi Y., 2006-** Effects of fluridone and norflurazon on conditioning and germination of *Strigaasiatica* seeds. *Plant Growth Regul.*, Vol 48, p. 73-78.
- Lachhab I., Louahlia S., Laamarti M., Hammani K., 2013-** Effet d'un stress salin sur la germination et l'activité enzymatique chez deux génotypes de *Médicago sativa* .*International journal of innovation and applied studies* , Vol 3(2), p. 511-516.
- Laloi, C., 2010-** Stress hydrique et osmotique. Laboratoire de génétique et biophysique des plantes-UMR-6191-IBEB-CEA. P. 122
- Lampe J.W., 1999-** Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. *Am J Clin Nutr.* Vol 70(3), p. 90-475.
- Le Page-Degivry M.T. et Bulard C., 1988-** L'acideabscissique dans la régulation du développement embryonnaire et de la germination, Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques, 135(4), p. 19-32.
- Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F., Lecoœur J. 2004-** Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany*, Vol. 93, p. 263-274

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lengsfeld C., Titgemeyer F., Faller G., Hensel A., 2004-** Glycosylated compounds from okra inhibit adhesion of *Helicobacter pylori* to human gastric mucosa. *J. Agric. Food Chem.* Vol 52, p. 1495-1503.
- Leopoldini M., Russo N., et Toscano M., 2011-** The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry.* Vol. 125(2), p. 288-306.
- Levitt J., 1980-**Réponses of plants to environmental stresses. Water radiation, Salt and others stresses. Academic Press, New York, Vol II, p. 365-406.
- Lim L., et Chai C., 2007-** Performance of seven okra accessions Senior officers Conference. Departement of Agriculture, Sarawak. p.12
- Liu I.M., Liou S.S., Lan T.W., Hsu F.L., Cheng J.T., 2005-** Myricetin as the active principle of *Abelmoschus moschatus* to lower plasma glucose in streptozotocin-induced diabetic rats. *Planta Medica*, Vol 71, p. 617-621.
- Logan B.A. 2005-** Reactive oxygen species and photosynthesis. Dans Antioxidants and reactive oxygen species in plants. Sous la direction de N. Smirnoff. Blackwell, Oxford. p. 250-267.
- Longstreth, D.J., and Nobel P.S., 1979-** Salinity effects on leaf anatomy. Consequences for photosynthesis. *Plant Physiol.* Vol (63), p. 700-703.
- López-Ráez J.A., Charnikhova T., Gómez-Roldán V., Matusova R., Kohlen W., DeVos R., Vestappen F., Puech-Pages V., Bécard G., Mulder P., and Bouwmeester H., 2008-** Tomato strigolactones are derived from carotenoids and their biosynthesis is promoted by phosphate starvation. *New Phytologist*, Vol 178, p. 863-874.
- Loretti E., De-Bellis L., Alpi A., and Perata P., 2001-** why and how do plant sense sugars. *Annal of botany*, Vol (88), p. 803-812.
- Lugasi A., Hovari J., Sagi K., and Biro L., 2003-** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *J. Acta. biologica. szegediensis.* Vol 47 (1-4), p. 119-125.
- Luhua S., Sultan Ciftci-Yilmaz, Jeffery Harper, John Cushman, and Ron Mittler.,2008-** Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Transgenic Arabidopsis Plants Expressing Proteins of Unknown Function. *Plant Physiol.* Vol. 148, p. 280-292.
- Ly M. O., Kumar D., Diouf M., Nautiyal S., Diop T., 2014-** Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre. *International journal of biological and chemical sciences*, Vol 8(1), p. 46-56.
- Lyubenova L., Schroder P., 2010-** Uptake and effect of heavy metals on the plant detoxification cascade in the presence and absence of organic pollutants in soil heavy metals springer.p. 65-85.
- Maalem S., Rahmoun E., 2009-** Toxicity of salt and pericarp inhibition on the germination of some *Atriplex species* American- Eurasian. *Journal of toxicological sciences*, Vol 1(2), p. 43-49.
- Macheix J., Fleuriet A., Jay-Allemand C., 2005-** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses poly technologiques et universitaires romandes, p. 4-5.
- Madany M.Y., Salah A.M., 2015-** Phytotoxicity of *Euphorbia helioscopia* L. on *Triticum sativum* L. and *Pisum sativum* L. *Annals of Agricultural Science.* Vol 60(1), p. 141-151
- Madison D., 2008-** Renewing America's Food Traditions. *Chelsea Green Publishing.* p. 167.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mahajan S., Pandey G.K., and Tuteja N. 2008-** Calcium- and salt stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. *Arch. Biochem. Biophys.* Vol 471(2), p. 146-158.
- Mahajans-Tuja N., 2005-** Cold salinity and drought stresses an overview archives of biochemistry and biophysic , Vol 444(2), p. 139-158.
- Majumder, A.L., Sengupta, S., et Goswami, L. 2010-** Osmolyte regulation in abiotic stress. In Pareek Sopory, S.K. Bohnert H.J. et Govindjee (eds). Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Springer , p. 349-370.
- Mallek-Maalej E., Boulasnem F., Ben Salem M., 2004 -** Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie, *Cahiers agriculture*, Vol. 12, P. 153-6.
- Manach C., Scalbert A., Morand C., et Jimenez L., 2004-** Polyphenols, Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79, p. 727-747.
- Manach C., Scalbert A., Remesy C., Morand C., 2006-** Consommation et disponibilité des polyphénols In: Les polyphénols en agroalimentaire. P. Sarni-Manchado and V. Cheynier (Ed). France, p. 361–380.
- Mint El Moukhtar S., 2010-** Etude des réponses physiologique et métabolique de dix variétés de riz (*Oryza sativa* L.) aux premiers stades de développement vis-à-vis du stress salin. Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, P. 42.
- Maramag, R. P., 2013-** Diuretic potential of *Capsicum frutescens* L., *Corchorus olitorius* L., and *Abelmoschus esculentus* L. *Asian journal of natural and applied science*, 2 (1). 60-69.
- Miransari M., Smith D.L., 2014-** Plant hormones and seed germination environmental and experimental. *J. Botany*, Vol. 99, p. 110-121.
- Marfak A., 2003-** Radiolyse gamma des flavonoides: Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation des depsides. Thèse de doctorat. Universités de Limoges. Spécialité : Biophysique, p.1-220.
- Markose B.L., Peter K.V., 1990-** Okra review of research on vegetable and tuber crops. Technical Bulletin 16. Kerala Agricultural University Press Mannuthy, Kerala, p. 109
- Marlett J.A., Mc-Burney M.I., Slavin J.L., 2002-** Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. *J Am Diet Assoc*, 102(7), p.993-1000.
- Marouf A., Reynaud J., 2007-** La botanique de A à Z, 1662 définitions. Editions. Dunod. P. 286.
- Martin L.P., Larry G.B., 1977-** Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of Sorghum grain. *J Agri. Food Chem.* Vol 25(6) , p. 1268-1273.
- Mermoud A., 2006-** Cours de physique du sol : Maitrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, p. 23.
- Mihretu Y., Wayessa G., et Adugna D., 2014-** Multivariate Analysis among Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Collection in South Western Ethiopia. *Journal of Plant Sciences* , Vol 9(2), p. 43-50.
- Mistrella P., Patrick R., 2008-** Fluridone human health and ecological risk assessment final report. USDA/Forest Service, Southern Region 1720 Peachtree RD, NW Atlanta, Syracuse Environmental Research Associates, Inc. 5100 Highbridge St., 42C Fayetteville.
- Moaward F.G., Abdelwhab B.M., Abdelnahun F.M., Shehaya F.W., 1984-** Annual of Agricultural science (21), p. 603-613, NRI (Natural Resource Institute) 1996. Insect pests of Nigeria Crops. Government Printing Press, Agric, Dept, Nigeria. p. 240.
- Moore R., and Smith J.D. 1984-** Growth, graviresponsiveness and abscisic-acid content

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- of *Zea mays* seedlings treated with fluridone. *Planta*, Vol 162, p. 342-344.
- Mossler M.A., Shilling D.G., Milgram K.E., Haller W.T., 1995-** Interaction of formulation and soil components on the aqueous concentration of fluridone. *J. Aquat. Plant Manage.* Vol. 31, p. 257-260.
- Mrani Alaoui M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., Hmyene A., 2013-** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé, *J. Mater. Environ. Sci.* Vol. 4 (6), p. 997-1004.
- Mueller-Harvey I., 2006-** Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. NSRU Chemistry and Biochemistry Laboratory, Agriculture Department, Reading University. *J. Sci. Food Agric*, Vol 86, p. 2010-2037.
- Munns R., 2005-** Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol*, Vol. 167(3), p. 645-663.
- Munns R., Schatman D.P., Condon A.G., 1995-** The significance of a two- phase growth reponse to salinity in wheat and barely. *Aust. J. Plant Physiol.* 22, p. 561-569.
- Nambara E., Okamoto M., Tatematsu K., Yano R., Seo M., Kamiya Y., 2010-** Absciscic acid and the control of seed dormancy and germination. *Seed. Sci. Res*, Vol. 20, p. 55-67.
- Nana R., 2005-** Influence de la fréquence et de la période d'arrosage sur l'économie d'eau: adaptation physiologique du gombo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) en culture de contre saison. Mémoire DEA. Université d'Ouagadougou, Burkina Faso. p. 67.
- Nana R., Tamini Z., Sawadogo M., 2009-** Effets d'un stress hydrique intervenu pendant le stade végétatif et la phase de floraison chez le gombo, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* Vol. 3(5), p. 1161-1170
- Naoya Kishikawa, Naotaka Kuroda, 2014-** Analytical techniques for the determination of biologically active quinones in biological and environmental samples. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* Vol. 87, p. 261-270.
- Naveed A., Khan A.A., Khan I.A., 2009-** Generation mean analysis of water stress tolerance in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Pak. J. Bot.*, Vol 41, p. 195-205.
- N'dri N., Aya A. Vroh-B I., Kouamé P. L. et Irie A., Zoro B., 2011-** Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire, *Sciences et Nature*, Vol. 8 (1), p. 119 – 137.
- Nedjimi B., Bekai Z., Guit B., Toumi M. et Daoud Y., 2013-** germination et croissance d'*Atriplex halimus* SUBSP. *schweinfurthii* en présence de CaCl₂. *Algerian journal of arid environment*, Vol. 3(1), p. 15-23.
- Newmann P., 1997-** Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ.* Vol. 20, p.1193-1198.
- Noushina I., Nafees A. ., Antonio F., Alice T., Alessandra F., Khan M. I. R., 2017-** Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with other phytohormones, *Frontiers in Plant Science*, Vol. 8(475), p. 1-19.
- Nowitz T., Bottet J., 2000-** Encyclopédie des plantes médicinales : identification, préparation, soins. Edition Larousse.
- Nursal B., Yucecan S., 2000 -** Vitamin C losses in some frozen vegetables due to various cooking methods. *Nahrung* 44(6), p. 3-451.
- Nyathi Y., Baker A., 2006-** Plant peroxisomes as a source of signalling molecules. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research* 1763(12),p. 1478-1495.
- 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*. Vol 5 (24), p. 2469-2475.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Okcu G.K., Kaya M.D., Atak M., 2005-** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turk J Agri C For.* Vol 29(4), p. 237-242..
- Omami E.N., Hammes P.S., Robbertse P.J., 2006-** Differences in salinity tolerance for growth and water-use efficiency in some amaranthe (*Amaranthus spp.*) genotypes. *New Zealand J. Crop Horticul. Sci.* 34(11), p. 22.
- Othman Y., Al-Karaki G., Al-Tawaha A.R. et AlHorani A. 2006-** Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity conditions. *World J. Agric. Sci.*, Vol. 2, p. 11-15
- Ouedrago Z.A., 2009-** Caractérisation agromorphologique compare de cinq varieties de gombo (*Abelmoschus esculentus*(L.) Moench). Mémoire d'Ingéniorat, Université Plytechnique de Bbo-Dioulasso, Burkina Faso, p.61.
- Ouis M., 2016- Recherche des marqueurs biochimique de la tolérance à la salinité chez le Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.),** thèse doctorat en sciences biologiques, p. 1- 115.
- Papdi C., Joseph M. P., Popescu C., Koncz C., Szabados L. 2008-** Functional Identification of Arabidopsis Stress Regulatory Genes Using the Controlled cDNA Overexpression System, *Plant Physiol*, Vol. 147(2), p. 528–542.
- Parent C., Capelli, N et Dat J., 2008-** Reactive oxygen species, stress and cell death in plants. *Comptes rendus Biologie.* Issue 4, Vol 331, p. 255-261.
- Parida, A.K., Das, A.B. and Mittra, B., 2004 -** Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct. Funct.* Vol. 18, p. 167-174.
- Parida A.K., Das A.B., 2005-** Salt tolerance and salinity effect on plants. *Review. Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 60, p. 324-349.
- Pech J.C., Purgatto E., Girardi C. L., Rombaldi C. V., Latché A., 2013-** Current challenges in postharvest biology of fruit ripening , *Current Agricultural Science and Technology*, Vol. 19, p. 1-18.
- Pech J.C., Bouzayen M., Latche A., 2008-** Climacteric fruit ripening: Ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit, *Plant Science* Vol. 175, Issues 1–2, p. 114-120.
- Pech J. C., Guis M., Botondi R., Ayub R., Bouzayen M., Lelievre J. M., Yahyaoui F. E. I., Latch A., 1999-** Ethylene-Dependent and Ethylene-Independent Pathways in a Climacteric Fruit, the Melon, *Biology and Biotechnology of the Plant*, Hormone Ethylene II, p 105-110
- Peronny S., 2005-** La perception gustative et la consommation des tannins chez le maki (*Lemur Catta*). Thèse doctorat du Muséum national d'histoire naturelle. *Discipline Eco-Ethologie*, p. 151.
- Perret C., 2001-** Analysis des tannins inhibiteurs de la stilbène oxydase produite par *Btrytis cinerea* Pers .FR .Thèse doctorat .Université de Neuchatel. p.173.
- Poirier Y., Antonenkov V.D., Glumoff T and Hiltunen J.K., 2006-** Peroxisomal β -oxidation -Ametabolic pathway with multiple functions. *Molecular Cell Research* 1763(12), p. 1413-1426.
- Popova L.P., 1998-** Fluridone-and light-affected chloroplast ultrastructure and ABA accumulation in drought stressed barley. *Plant Physiology and Biochemistry*, Vol 36, p. 313-319.
- Pourrut B., 2008-** Implication du stress oxydatif dans la toxicité du plomb sur une plante modèle, *Vicia faba*, doctorat de l'université de toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Ecotoxicologie, p.16-28
- Pourrut B., Perchet G., Silvestre J., Cecchi M., Guiresse M. and Pinelli E., 2008-** Potential role of NADPH-oxidase in early steps of lead-induced oxidative burst in *Vicia faba* roots. *Journal of Plant Physiology* 165(6), p. 571-579.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Priva Alphonso, and Aparna Saraf., 2012-** Chemical profile studies on the secondary metabolites of medicinally important plant *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb) DC using HPTLC. India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* (ELSEVIER), doi: 2012, p.1293-1298.
- Priya S. , Varun C., Brahm K. T., Shubhendra-Singh C. , Sobita S., Bilal S., et Abidia A. B., 2014-** An overview on okra (*Abelmoschus esculentus*) and its importance as a nutritive vegetable in the world , *international journal of pharmacy and biological sciences (IJPBS)*, Issue 2. Vol (4), p. 227-233.
- Qhureshi Z., 2007-** Breeding investigation in bhendi (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). Master Thesis, University of Agriculture Sciences, GKVK, Bangalore. of formulation and soil components on the aqueous concentration of fluridone. *J. Aquat. Plant Manage*, Vol. 31, p. 257-260.
- Qing-Liang C., Yuha G., Yong J., and Pengfei T., 2016-** Mechanism of fluridone-induced seed germination of *Cistanche tubulosa*. *Pakistan Journal of Botany*, Vol 48(3), p. 971-976.
- Quideau, S., Deffieux D., Douat-Casassus C. et Pouységu L., 2011-** Plant polyphenols: Chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie - International Edition*, Vol. 50(3), p. 586-621.
- Rahimzadeh F., Tobeh A., Shahzad S. J., 2012-** Study of allelopathic effects of aqueous extracts of roots and seeds of goosefoot, red-root amaranth and field bindweed on germination and growth of lentil seedlings. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. Vol 3 (9), p. 318-326.
- Rajjou L., Duval M., Gallardo K. Catusse J., Bally J., Job C., Job D., 2012-** seed germination and vigor . *Annu. Rev. Plant. Biol.*, Vol. 63, p. 507-533.
- Ramakrishna A., Ravishankar G.A., 2011-** Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant signaling and behavior*, Vol 6(11), p. 1720-1731.
- Raphaël C., Heymes V., 2016-** Modifications qualitative et quantitative en composés phénoliques dans les feuilles de hêtre soumises à des contraintes abiotiques, Master Fage Biologie et Écologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement Spécialité BIA – Biologie Intégrative de l'Arbre et des Plantes Cultivées, INRA sciences, p.1-23.
- Rasool S., Hameed A., Azooz M.M., Rehman M., Siddiqi T.O., Ahmad P., 2013-** Salt stress : Causes types and responses of plants in : Ahmad P., Azooz M.M., Prasad M.N.V., (Eds), *Ecophysiology and responses of plants under salt stress*, Springer New York Heidelberg Dordrecht London, P. 1-24.
- Rhodes D., Nadloska-Orczyk A., Rich P.J. 2002-** Salinity, osmolytes and compatible solutes. Dans *Salinity: environment plants- molecules*. Sous la direction de A. Lauchli et U. Luttge. Kluwer, Boston. p. 181-204.
- Romanchik-Cerpovicz J.E., Costantino A.C., Gunn L.H., 2006 -** Sensory evaluation ratings and melting characteristics show that okra gum is an acceptable milk-fat ingredient substitute in chocolate frozen dairy dessert. *J Am Diet Assoc* . Vol 106(4), p. 7-594
- Romanchik-Cerpovicz J.E., Tilmon R.W., Baldree K.A., 2002-** Moisture retention and consumer acceptability of chocolate bar cookies prepared with okra gum as a fat ingredient substitute. *J Am Diet Assoc*, Vol 102(9), p. 3-1301.
- Romero-Aranda R., Soria T., et Cuartero J., 2001-** Tomato plant-water uptake and plantwater relationships under saline growth conditions. *Plant Sci*. Vol (160), p.265-272.
- Rontein D., Basset G., Hanson A.D., 2002-** Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metab Eng*. Vol. 4(1), p. 49-56

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rouabhia A.E.K., Djabri L., 2010-** L'irrigation et le risque de pollution saline : Exemple des eaux souterraines de l'aquifère miocène de la plaine d'el Ma Labiod. *J. Larhyss*. Vol. 8, p. 55-67.
- Rsaissi N., Bouhache M., Bencharki B., 2013-** Potentiel allélopathique du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* Mill) sur la germination et la croissance du jujubier (*Ziziphus lotus* Desf.). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol(3), p. 2005-2014.
- Rubio S., Lynne Whitehead Tony R. Larson Ian A. Graham and Pedro L. Rodriguez., 2008-** The Coenzyme A Biosynthetic Enzyme Phosphopantetheine Adenylyltransferase Plays a Crucial Role in Plant Growth, Salt/Osmotic Stress Resistance, and Seed Lipid Storage. *Plant Physiol*. 148, p. 546-556
- Rudell D.R., Mattheis J.P. 2008-** Synergism exists between ethylene and methyl jasmonate in artificial light-induced pigment enhancement of 'Fuji' apple fruit peel, *Postharvest Biology and Technology* Vol. 47, p. 136–140.
- Sadiki M., Rabih K., 2016-** Selection of chickpea (*Cicer arietinum*) for yield and symbiotic nitrogen fixation ability under salt stress. *Agronomie, EDP sciences*, Vol. 21(6), p. 659-666.
- Salehi M., Arzani A., 2014-** Evaluation of triticale genotypes for salt tolerance using physiological traits. *Emir J. Food Agric*, Vol 26(3), p. 277-28.
- Salhi N, EL-Darier M S, Halilat M. EL-Taher H M., 2013-**The Effect of Soil in the Allelopathic Potential of *Artemisia herba-alba* and *Oudneya africana* Crude Powder on Growth of Weeds. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. Vol (7), p.1187-1190.
- Sang Heon Chae, Koichi Yoneyama, Yasutomo Takeuchi, Daniel M. Joel, 2004-** Fluridone and norflurazon, carotenoid-biosynthesis inhibitors, promote seed conditioning and germination of the holoparasite *Orobanche minor*, *International journal of plant biology*, Issue 2. Vol (120), p. 328-337.
- Sathish D., and Eswar A., 2013-** *Abelmoschus esculentus* (Okra). *Int. Res. J. Pharm. App. Sci.* Vol 3(4), p. 129-132.
- Savello P.H., Martin F.W., Hill J.M., 1980-** Nutritional composition of okra seed meal. *J. Agric. Food Chem* (28), p. 1163-1166.
- Sawadogo M., Zombre G., Balma D., 2006-** Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol 10 (1), p. 43-54.
- Sayar R., Bchini H., Mosbahi M., khemira H., 2010-** Reponse of durum wheat (*Triticum durum* desf.) growth to salt and drought stresses. *C. Zech. Journal of genetics and plant breeding*, Vol 46(2), p. 54-63.
- Schmitz N., Xia J.H., and Kermode A.R., 2001-** Dormancy of yellow cedar seeds is terminated by gibberellic acid in combination with fluridone or with osmotic priming and moist chilling. *Seed Science and Technology*, Vol 29, p.331–346.
- Sebei K., Boukhchina S., Kallel H., 2007-** Evolution 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. Biologie*, Vol 330, p. 6-55.
- Sentenac H., et Berthomieu P., 2003-** Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier /Université/CNRS/INRA) Service Presse INRA. p. 34.
- Seo M., Nambara E., Choi G., Yamaguchi S., 2009-** Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. *Plant. Mol. Biol*, Vol. 69, p. 463-472.
- Sevilla F. 2001-** Antioxidant systems and O₂–/H₂O₂ production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. *Plant Physiol*. Vol 127(3), p. 817–831.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Shannon M.C., Grieve, C.M., 1999-** Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic.* 78, p. 5–38.
- Sheng J., Ruan Y., Liu K., and Shen L., 2008-** Spatiotemporal relationships between abscisic acid and ethylene biosynthesis during tomato fruit ripening. *Acta Horticulturae*, Vol 774, p. 59-65.
- Shui G., et Peng L.L., 2004-** An improved method for the analysis of major antioxidants of *Hibiscus esculentus* Linn. *Journal of Chromatography A*, Vol 1048(1), p. 17-24.
- Siemonsma J.S., Hamon S., 2004-** *Abelmoschus esculentus* L. Moench. in : Ressources végétales de l'Afrique Tropicale 2. Fondation PROTA. Wageningen. Pays-Bas, p. 25-30.
- Siemonsma J.S., 1982 (a)-** La culture du gombo (*Abelmoschus* sp.), légume-fruit tropical (référence spéciale à la Côte d'Ivoire). PhD thesis Wageningen Agricultural University, Netherlands. p. 297.
- Siemonsma J.S., 1982(b)-** West African okra. Morphological and cytological indications for the existence of a natural amphiploid of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench and *Abelmoschus Manihot* (L.) Medikus. *Euphytica*. Vol 31(1), p. 241- 252
- Siemonsma J.S., 1982(c)-** La culture du gombo légume fruit tropical avec référence spéciale à la Côte d'Ivoire. Thèse de l'université Agronomique de Wageningen (Pays Bas), p. 297.
- Silva-Ortega C.O., Ochoa-Alfaro A.E., Reyes-Aguero J.A., Aguado-Santacruz G.A., and Jimenez-Bremont J.F. 2008-** Salt stress increases the expression of p5cs gene and induces proline accumulation in cactus pear. *Plant Physiol. Biochem.* Vol 46(1), p. 82.
- Simmone E.H., Hochmuth G.J., Maynard D.N., Vavrina C.S., Stall W.M., Kucharek T.A., 2004-** Okra production in Florida. Horticultural Sciences Department document HS (729). Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Singh M., Kumar J., Singh S., Singh V.P., Prasad S.M., 2015-** Roles of osmoprotectants in improving salinity and drought tolerance in plants. *Rev. Environ. Sci Biotechnol*, Issue 3, Vol. 14, p. 407-426.
- Singh P., Dasgubta S.K., Tripathi S.k., 2005-** Hybrid vegetable development. Ed. Routledge. p. 441.
- Skerjet M., Kotnik P., Hadolin M., Hras A.R., Simonic M., Knez Z., 2005-** Phenols proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food chemistry*, Vol 89, p. 191-198.
- Snoussi S.A., Abbad M., 2012-** Production de proline chez la tomate dans un environnement salin, *Rev. Agrobiologia*, Vol 2, p. 52-56.
- Sobhanian H., Razavizadeh R., Nanjo Y., Ehsanpour A. A., Jazii F. R., Motamed N., Komatsu S. 2010-** Proteome analysis of soybean leaves, hypocotyls and roots under salt stress. *Proteome Science*, Vol 8(1), p. 19.
- Sokol-Letowska A., Oszmianski J., Wojdylo A., 2007-** -Antioxidant activity of the phenolic compounds of hawthorn pine and skullcap. *Food chemistry*, Vol 103, p. 853-859.
- Soltani A., 1988 –** Analyse des effets de NaCl et de la source d'azote sur la nutrition minérale de l'orge. Thèse Doctorat d'Etat. FST. Tunis, p. 322.
- Song W.J., D.D. Cao Z.L. Jin and Zhou W.J., 2005-** Studies on factors influencing the seed germination of root parasitic plant *Orobancha*. *Seed*, Vol 24, p. 44-47.
- Sorapong Benchasri, 2012-** Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) , *Abelmoschus Moench*) as a Valuable Vegetable of the World, *Ratar. Povrt.* 49,p. 105-112.
- Spencer J.P.E., Abd El Mohsen M.M., Rice-Evans C., 2004-** Cellular uptake and metabolism of flavonoids and their metabolites: implications for their bioactivity. *Biochemistry and Biophysics*. Vol 423, p. 148-161.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Stern J.L., Hagerman A.E., Steinberg P.D., Mason P.K., 1996-** Phlorotannin-protein interactions. *Journal of Chemical Ecology*. Vol 22 p. 1887-1899.
- Susan S., Netherland M.D., and Stewart A.B., 1998-** Phytoene and Carotene Response of Aquatic Plants to Fluridone Under Laboratory Conditions. *J. Aquatic. Plant Manage.* 36, p. 111-120.
- Swieca M., Braniak B., 2014-** Influence of elicitation with H₂O₂ ON phenolic content , antioxidant potential and nutritional quality of lens *culinaris* sprouts. *Journal of the science of food and agriculture* , Vol 94(3), p. 489-496.
- Taïbi K., Taïbi F., Ait Abderrahim L., Ennajah A., Belkhodja M., Miguel Mulet J., 2016-** Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L., *Journal of South African Journal of Botany*, vol. 105, p. 306-312.
- Taïbi K., Taïbi F., Belkhodja M., 2013-** Plants growth, water relations and photosynthesis of two bean genotypes *Phaseolus vulgaris* L. treated with NaCl and fluridone, *African Journal of Biotechnology*, Vol. 12(24), p. 3811-3821.
- Taochy, Christelle, 2012-** Transport membranaire de NO₃ sous contrainte saline : rôle de NAXT2 dans la translocation du NO₃ vers les feuilles et le contrôle du fonctionnement stomatique chez *A. thaliana*. Thèse doctorat en physiologie végétale et biologie moléculaire , p.100
- Tausz M., Sircelj H., and Grill D. 2004-** The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid *J. Exp. Bot.* Vol 55(404), p. 1955-1962
- Teige, M., Scheikl, E., Eulgen, T., et al. 2004-** The MKK2 pathway mediates cold and salt stress signalling in *Arabidopsis*. *Mol. Cell*, Vol 15(1) , p. 141-152.
- Tomlin C., 2004-** The E-Pesticide Manual, Thirteenth Edition, Grop protection Publications, British Grop Protection Council.
- Triki T., Guasmi F., Boussora F., Ben Mohamed M., Ben Ali S., Guasmi A., Yahia Hédi, Nagaz K., 2017-** Etude de la composition phénolique et des propriétés antioxydantes d'extraits des feuilles de cinq variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) soumis à un stress hydrique (PEG 6000) *Revue des Régions Arides* (43). Actes du 5ème Meeting International sur l'Aridoculture et les Cultures Oasiennes: biotechnologie végétale en zones arides et oasiennes Zarzis (Tunisie), p. 653-659.
- Valko M., Rhodes C. J., Moncol J., Izakovic M. et Mazur M., 2006-** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions* Vol.160(1), p. 1-40.
- Van Heerden P.D.R., Kiddle G., Pellny T.K., Mokwala P.W., Jordaan A., Strauss A.J., De-Beer M., Schlüter U., Kunert K.J., Foyer C.H., 2008-** Regulation of Respiration and the Oxygen Diffusion Barrier in Soybean Protect Symbiotic Nitrogen Fixation from Chilling-Induced Inhibition and Shoots from Premature Senescence. *Plant Physiol.* Vol.148, p. 316-327.
- Vyvyan J.R., 2002-** Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemical. *Tetrahedron*. Vol (58), p.1631-1646.
- Wahome P.K., Jesch H.H., et Grittner I., 2001-** Mechanisms of salt stress tolerance in two rose rootstocks: *Rosa chinensis* 'Major' and *R. rubiginosa*. *Sci. Hort.* 87, p. 207-216.
- Waldrep T.W., et Taylor H.M., 1976-** 1- méthyl-3- phényl-5-[3-trifluorométhyl] phényl]-4(1H)- pyridinone, anew herbicide. *J. Agric. Food. chem.* 24 , p.125-135.
- Wang H.L., Guo Y.H., Zhai Z.X., Chen Q.L., Yang T.X., and Zhang J.X., 2006-** The effect of fluridone on *Cistanche tubulosa* seed germination. *China. J. Chin. Mat. Med.*, Vol (31), p.1638–1639.
- Wang D., Archie R. Portis, Jr., Stephen P. Moose, and Stephen P. Long., 2008-** Cool C₄ Photosynthesis: Pyruvate P_i Dikinase Expression and Activity Corresponds to

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- the Exceptional Cold Tolerance of Carbon Assimilation in *Miscanthus x giganteus*. *Plant Physiol.* Vol. 148, p. 557-567.
- Wegner LH, Stefano G, Shabala L, Rossi M, Mancuso S, Shabala S. 2011.** Sequential depolarization of root cortical and stelar cells induced by an acute salt shock - implications for Na(+) and K(+) transport into xylem vessels. *Plant Cell Environ* , Vol. 34, p. 859-869.
- Weitbrecht K., Muller K., Leubner-Metzger G., 2011-** First of the mark, early seed germination. *J. Exp Botany*, Vol. 62, p. 3289-3309.
- Wenji L., Xiaoli M., Peng W., Lianyin L., 2018-** Plant salt-tolerance mechanism, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, Vol. 495, p. 286-291
- West S.D., Burger R.O., Poole G.M., and Mowrey D.H., 1983-** Bioconcentration and field dissipation of the aquatic herbicide fluridone and its degradation products in aquatic environments. *J. Agric. Food chem.* 31 , p.579-585.
- Wichtl M., Anton R., 2003-** Plantes thérapeutiques : Traditions, Pratique officinale, Sciences et Thérapeutique. 2 e Ed : TEC et DOC. Paris. p. 1-364.
- Wiczowski M.H., 2017-** effect of fluridone on some physiological and qualitative features of ripening tomato fruit, *acta biologica cracoviensia series botanica* , Vol 59(2), p.41–49.
- Wingler A., Lea P., Quick W and Leegood R., 2000-** Photorespiration: metabolic pathways and their role in stress protection." *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences* , Vol 355(1402), p. 1517-1529.
- Wong H., Hanna Z., Myeong-Hyeon w., 2010-** Fluridone affecte la division centre quiescent dans le *Arabidopsis thaliana* root. souches cellulaire. Vol (1), p. 813-816.
- Worarad K., Xie X., Rumainum I. M., Burana C., and Yamane K., 2017-** Effects of fluridone treatment on seed germination and dormancy-associated gene expression in an ornamental peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *The Horticulture Journal Preview*, Vol 86(3), P317-326.
- Yamazaki H., Nishijima T., Yamato Y., Koshioka M., And Miura H., 1999-** Involvement of abscisic acid (ABA) in bulb dormancy of *Allium wakegi* Araki I. Endogenous level of ABA in relation to bulb dormancy and effects of exogenous ABA and fluridone. *Plant Growth Regulators*, Vol 29, p. 189-194.
- Yoshioka T., Endo, T., and Satoh S., 1998-** Restoration of seed germination at supraoptimal temperatures by fluridone, an inhibitor of abscisic acid biosynthesis. *Plant Cell Physiol.* Vol. 39, p. 307–312.
- Yousofinia M., Ghassemian A., Sofalian O. et Khomari S., 2012-** Effects of salinity stress on barley (*Hordeum vulgare* L.) Germination and seedling growth. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Vol. 4, p. 1353-1357
- Yu X.M., Griffith M., 2001-** winter rye antifreeze activity increases in response to cold and drought, but not abscisic acid. *Physiol. Plant*, Vol 112, p. 78-86.
- Zhang D.P., Chen-S.W., 2000-** Effects of Absciscic Acid and Fluridone on Ripening of Apple Fruits, *Acta Phytophysiological Sinica*, Vol (26), p. 123-129.
- Zhang H., Yang Y., Zhang Z., Hu X., Chen J., Wang X.C., Huang R., 2008-** Absciscic acid regulates TSRF 1-mediated resistance to *Ralstonia solanacearum* by modifying the expression of GCC box-containing genes in tobacco. *J. Exp. Bot.* Vol 59 (3), p.645-52.
- Zhang J., Jia W., Yang J., Ismail A.M., 2006-** Role of ABA in intergrating plant responses to drought and salt stresses. *field crops research*, Vol 97(1), p. 111-119.
- Zhang M., Yuan B., and Leng P., 2009-** The role of ABA in triggering ethylene biosynthesis and ripening of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, Vol 60, p. 1579-1588.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Zhang W., Gusta- Lawrence N., 2009-** Germination response of black and yellow seed coated nacola (*Brassica napus*) lines to chemical treatments under cold temperature conditions, *plant growth regulation*, Vol. 60(2), p. 105-114.
- Zhang, F., 2003-** A network of redundant bHLH proteins functions in all TTG1-dependent pathways of Arabidopsis. *Development*. Vol 130,p. 4859-4869
- Zilli C. G., Balestrasse K. B., Yannarelli G. G., Polizio A. H., Santa-Cruz D. M., Tomaro M. L. 2008-** Heme oxygenase up-regulation under salt stress protects nitrogen metabolism in nodules of soybean plants. *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 64(1), p. 83-89.

ANNEXES

Annexe I

Tableau 4- La précocité de germination des graines du gombo traitées de la fluridone associée ou non au NaCl.

	Témoin	F1	T+F2	25 mM	25 mM+F1	25 mM+F2	50 mM	50 mM+ F1	50 mM+F2
PG %	99,33±0	100±0	100±0	96,83±1	100±0	99,83±0,34	96,5±2,57	96±1,34	98±0,94

Tableau 5- Test statistique de Student à P≤5% de la cinétique de germination des graines du gombo traitées de la fluridone associée ou non au NaCl.

	Témoin	T+F1	T+F2	25 mM	25mM+F1	25mM+F2	50 mM	50mM+ F1	50mM+F2
1^{er} jour	99,33±2,58	100±0	100±0	95,33±9,15	100±0	99,33±2,58	92,67±9,61 **	94±7,37 **	96,67±6,17
2^{ème} jour	99,33±2,58	100±0	100±0	97,33±5,94	100±0	100±0	97,33±5,94	96,67±4,88	98±4,14
3^{ème} jour	99,33±2,58	100±0	100±0	97,33±5,94	100±0	100±0	98±4,14	96,67±4,88	98,67±3,52
4^{ème} jour	99,33±2,58	100±0	100±0	97,33±5,94	100±0	100±0	98±4,14	96,67±4,88	98,67±3,52

* : effet significatif, ** : effet hautement significatif

Tableau 6- Test statistique de Student à P≤5% de la vitesse de germination (coefficient de vélocité, Temps moyen) des graines du gombo traitées de la fluridone associée ou non au NaCl.

	Témoin	T+F1	T+F2	25mM	25mM+F1	25mM+F2	50mM	50mM+ F1	50mM+F2
Cv(%)	100±0	100±0	100±0	98.15±5	100±0	99.39±2.35	95,03±7,94 **	97.19±6.53	94.92±8.11 **
Tm (jour)	1±0	1±0	1±0	1.02±0.06	1±0	1.01±0.03	1,06±0,1 **	1.04±0.08	1.03±0.06

Tableau 7– Test statistique de Student à P≤ 5% des Teneurs en sucres totaux et des composés phénoliques (mg.100 mg⁻¹ PS) des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.

Concentration	TST (mg.100 mg ⁻¹ PS)	TCP (mg.100 mg ⁻¹ PS)
témoin	2.15±0.78	0,45±0.01
F10 (µM)	1.49±0.2	0,42±0.01
F20 (µM)	1.53±0.57	0,72±0.01
25 mM NaCl	0.86±0.32 **	0,53±0.01
25 mM+F10	1.16±0.26 *	0,63±0.01
25 mM+F20	1.64±0.2	0,60±0.005
50 mM NaCl	0.84±0.41 **	0,37±0.004
50 mM+F10	1.51±0.13	0,37±0.01
50 mM+F20	2.79±2.7	0,38±0.18

Tableau 8– Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ de Teneurs en sucres totaux (mg.100 mg^{-1} PS) des feuilles et des racines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de la fluridone associée ou non au NaCl.

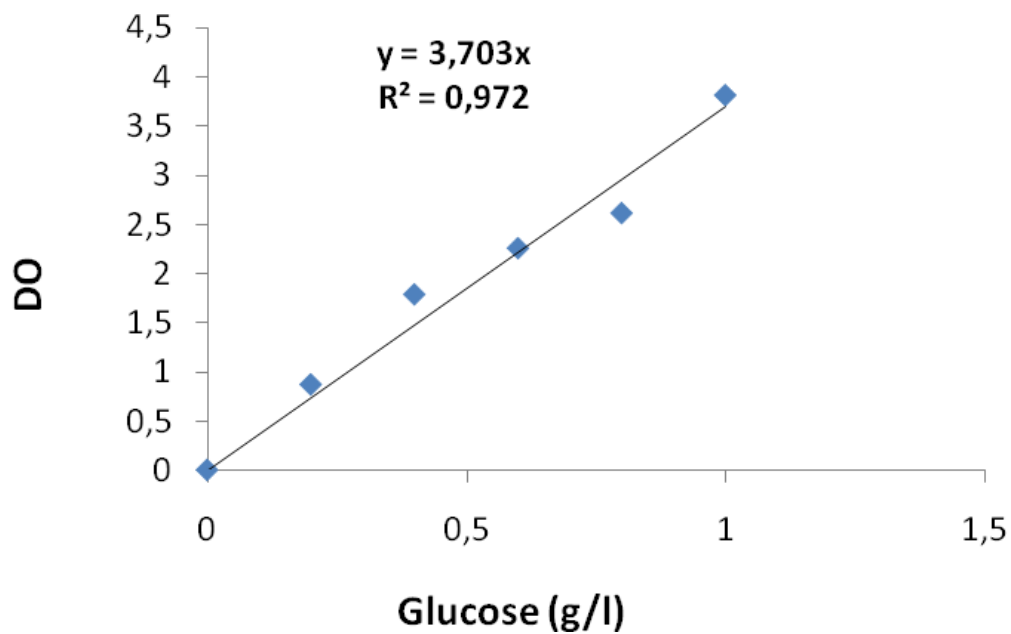
Concentration	TST des feuilles (mg.100 mg^{-1} PS)	TST des racines (mg.100 mg^{-1} PS)
témoin	3,98±1,23	3,74±0,43
F10	3,44±0,56	4,39±0,74
F20	2,99±1,03	3,90±0,61
25 mM	3,79±0,59	3,90±1,32
25 mM+F10	3,71±1,03	3,45±1,3
25 mM+F20	3,90±0,77	5,57±1,22 **
50 mM	3,60±0,44	3,85±1,15
50 mM+F10	3,51±0,71	4,46±0,58 **
50 mM+F20	3,33±0,64	4,07±1,07
100 mM	4,08±0,48	4,74±1 *
100 mM+F10	3,22±0,75	4,70±1,09
100 mM+F20	3,87±1,67	5,78±2 *
150 mM	3,80±1,42	6,05±1,41 **
150 mM+F10	4,61±0,92	5,55±1,8 *
150 mM+F20	4,94±1,67	5,55±0,45

Tableau 9– Test statistique de Student à $P \leq 5\%$ de Teneur en composés phénoliques (mg.100 mg^{-1} PS) des feuilles et des racines d'*Abelmoschus esculentus* L. sous l'effet de fluridone associée ou non au NaCl.

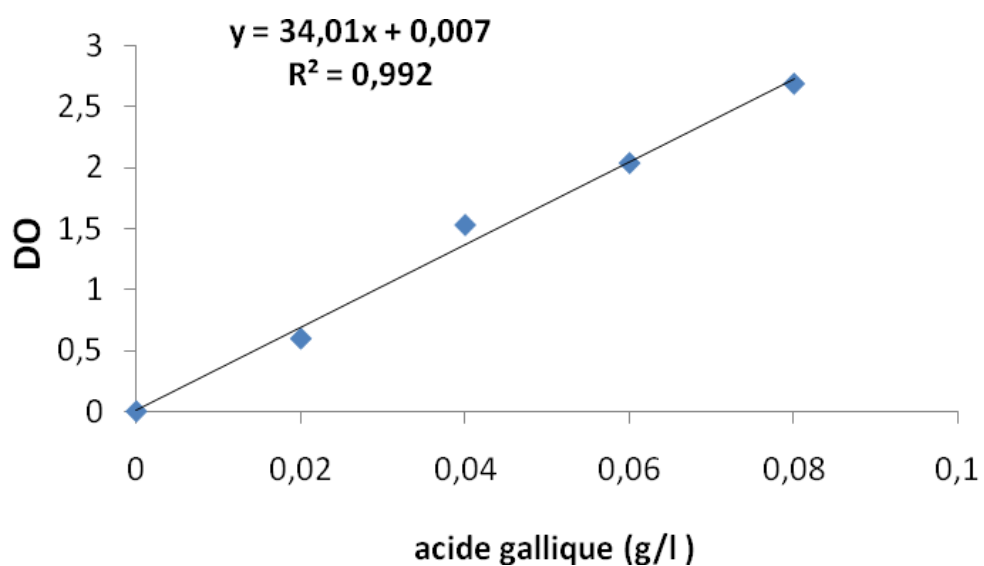
Concentration	TCP (mg.100 mg^{-1} PS) des feuilles	TCP (mg.100 mg^{-1} PS) des racines
témoin	0,84±0,19	0,58±0,16
F10	0,99±0,36	0,43±0,11
F20	2,47±0,30 **	0,52±0,17
25 mM	0,77±0,15	0,64±0,28
25 mM+F10	2,38±0,28 **	0,44±0,09
25 mM+F20	2,50±0,48 **	1,04±0,23 **
50 mM	0,73±0,14	0,55±0,14
50 mM+F10	1,53±0,58 **	0,40±0,12 *
50 mM+F20	1,15±0,47	0,61±0,14
100 mM	0,99±0,24	0,76±0,12 *
100 mM+F10	0,4±0,06 **	0,76±0,22
100 mM+F20	0,63±0,78	0,39±0,09 **
150 mM	0,76±0,19	1,07±0,30 **
150 mM+F10	0,50±0,14 **	0,59±0,13
150 mM+F20	1,04±0,33	0,85±0,16 **

Annexe II

I- Phase de germination

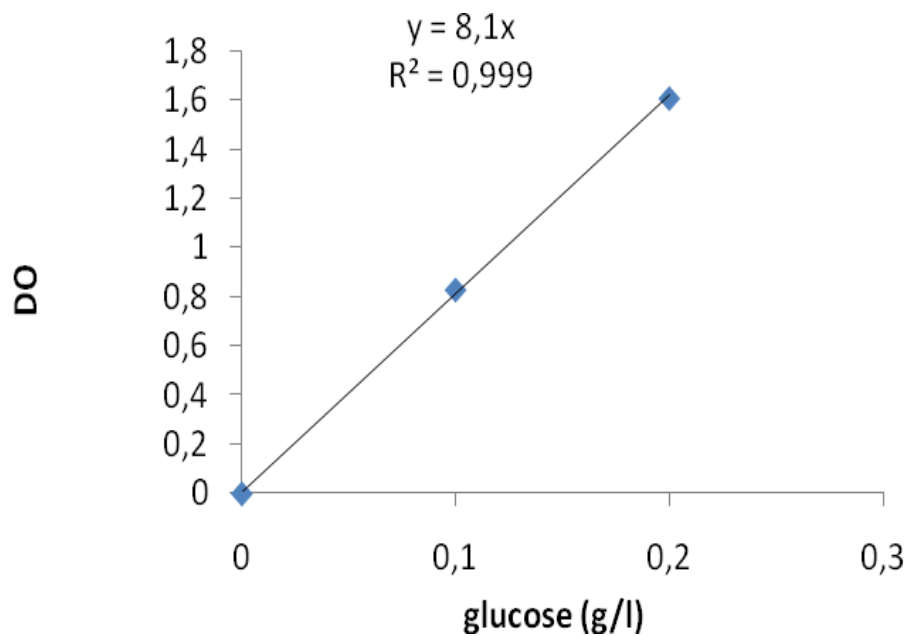


Courbe étalonnage des sucres totaux

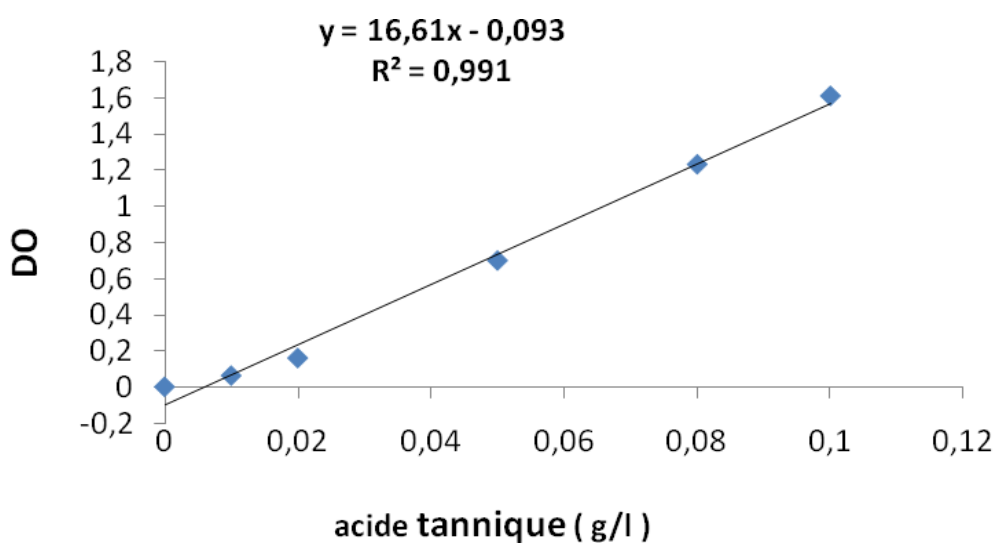


Courbe étalonnage des composés phénoliques

II- phase végétatif



Courbe étalonnage des sucres totaux



Courbe étalonnage des composés phénoliques



Annexe III

L'étude qualitative

1.-Les Tanins



Témoin



Test positif



2.-Les Saponosides (Test 1)



Témoin



Test positif

3.- Les hétérosides stéroïdiques (Test 2)



Témoin



Test positif



4.- Les triterpènes hétérosidiques (Test 3)



Témoin



Test positive



5.-Flavonoïdes



Témoin



Test positive

4.-Les Anthraquinones

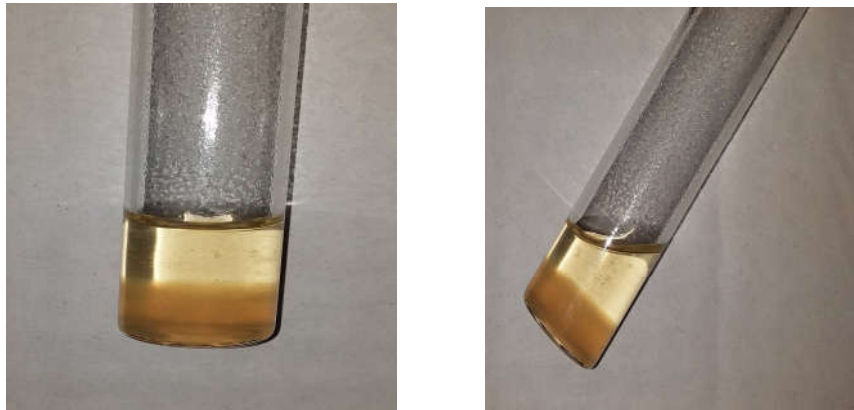


Témoin



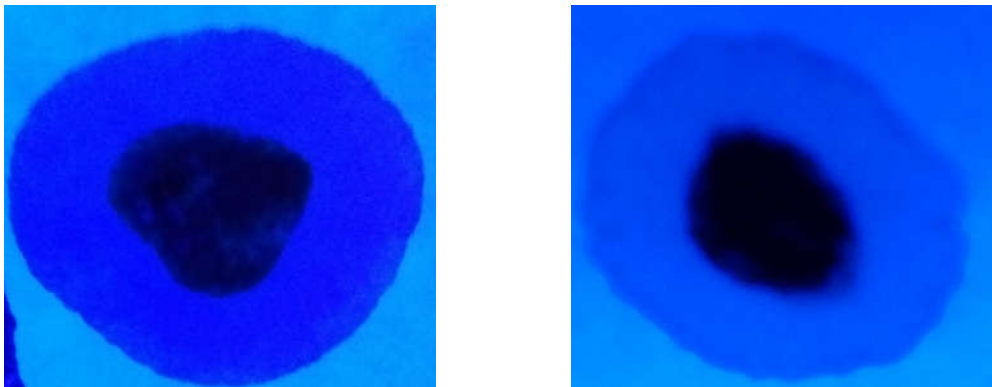
Test positive

5.-Mucilage



Test positive

6.-Coumarines



Test positive (taches fluorescentes)

Herbicide Influence on Germination Response of Salt Stressed *Abelmoschus esculentus* L. Okra Seeds

DAHLI Khedidja, BELKHODJA M.

Laboratory Plant Physiology
University of Oran 1 Ahmed Benbella

Received: November 25, 2016

Accepted: March 15, 2017

ABSTRACT

In order to understand adaptation mechanism of okra to abiotic and biotic stress, our work has studied okra germination stage under salt and fluridone combined interaction. (Fluridone is an inhibitor of abscisic acid biosynthesis (ABA)).

Abelmoschus esculentus L. germination was conducted varying concentrations of NaCl (25meq.l⁻¹ and 50meq.l⁻¹) solution, and a fluridone (10μM and 20 μM) solution, or both constraints at room temperature.

Results confirm that fluridone induces a very rapid seed germination progress compared to control. On the other hand, fluridone treatment seems to reduce delay effect of salt with tested concentrations. Fluridone improves okra seeds germination from the very first day with a 99.83 to 100% rate.

Analyzing some biochemical parameters related to okra seeds germination (soluble sugar and phenolic compounds) we recorded that stressed plants have a weak total sugar rate compared to control plants. This is true except for plants treated with 50meq.l⁻¹ salt solution added with 20μM fluridone recording a 2.79% sugar accumulation apex. Same rate is recorded with phenolic compounds having a 50meq.l⁻¹ salt treatment either associated or non-associated to fluridone. On the other hand, compared to control sample, compounds rate increases with seeds treated with 25meq.l⁻¹ associated or non-associated to fluridone.

Observing results, we can assess that salt stress helps in reducing *Abelmoschus esculentus* L. total sugar rate and increases phenolic compounds with certain treatments.

Given these results, we can conclude that fluridone inhibits salt negative impact on germination and improves studied biochemical parameters.

KEY WORDS: *Abelmoschus esculentus* L., fluridone, germination, salt stress, NaCl, soluble sugar, phenolic compounds.

1. INTRODUCTION

Analyzing consequences of climate change we can conclude that many plant species having aptitude to resist or tolerate natural constraints are starting to loose such aptitude. Plant biodiversity is thus exposed to a high level ecological threat.

According to latest research, response or tolerance to salt depends of species variety, salt concentration, culture conditions and plant development stage [1, 2]. Plant improvement towards tolerance to environmental conditions requires a better understanding of stress-resistant plants adaptation response.

In this case, scientists from all disciplines should gather their efforts together in their laboratories and should focus their research towards a better understanding of new mechanisms shown by organisms facing new environmental conditions[3].

Many studies assessed that salinity has a depressive effect on seeds germination and production[4,5,6,7,8,]. Nevertheless, depressive effect varies according to stress intensity and plant health. Among constraining factors during plant life, hormones have an important function. Absciscic acid (ABA) is one of plant hormones inhibiting embryo and dormancy break. Recent research assessed those new substances such as fluridone, with herbicide properties, contributes to dormancy break mechanisms by inhibiting ABA.[9,10,11]. The main purpose of such researches is to insure a better growth and optimal production of seeds in order to replant damaged areas. In this context, our work aims to analyze okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seeds behavior during germination stage while submitted to salt constraints associated or non-associated to fluridone.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Origin of plant material

Ripe fruits used in germination tests were harvested during July 2010 on natural plants from Nechmaya region south of Annaba, Algeria. Fruits were preserved in appropriate conditions until germination tests in May 2012. When fruits are ripe okra capsule becomes yellow and contains about 90 seeds that are easy to collect through slits.

2.2. Preparing seeds for germination tests

Seeds were first disinfected with a 0.8 % sodium hypochlorite solution during three minutes. Seeds were then rinsed out several times in distilled water and dried out on sterile filter paper. Germination tests were processed as follows: 15 sterile petri boxes with 10 seeds each on two Wattman filter paper layers humidified with 7ml distilled sterile water. Same procedure was followed with seeds treated with different fluridone solutions (10 μ M and 20 μ M) and NaCl solutions (25meq.l⁻¹ and 50meq.l⁻¹). Boxes were incubated at optimal germination temperature (25 °C).

2.3. Germination tests:

Seed germination tests under salt and fluridone treatment were conducted in order to better understand:

- ✓ Okra seeds germination capacity under fluridone treatment with a 25°C temperature using 10 μ M and 20 μ M concentrations.
- ✓ Okra seeds germination capacity under salt stress with a 25°C temperature using 25 meq.l⁻¹ and 50 meq.l⁻¹ NaCl concentrations.
- ✓ Okra seeds germination capacity under salt stress with a 25°C temperature using 25 meq.l⁻¹ and 50 meq.l⁻¹ NaCl concentrations combined with two fluridone concentrations (10 μ M and 20 μ M).
- ✓ Dosing of main biochemical parameters sensitive to abiotic (sugar and phenolic compounds) stress during germination stage.

Observations were recorded every day to evaluate first germinations as soon as radical appeared. We have considered that seeds were germinated when radical had come through seed coat, showing 1mm out of seed tegument and visible at the naked eye according to [12] definition. When germination rate became stable, observations were completed.

2.4. Estimating germination rate

Basing ourselves on total seeds number (TN), we have calculated percentage of germinated seeds (GS) as follows: $GR = GS \times 100 / TN$ (GR: germination rate)

2.5. Germination kinetics:

Germination kinetics often represents germination evolution percentages cumulated over time. Kinetics is settled from germinated seeds cumulated rates, i.e. germination rate variation according to time expressed in days.

2.6. Germination speed

Germination speed means over time germination rate variation as soon as radicle until germination becomes steady. It can be assessed by:

- Time to obtain 50% of germination.
- Speed coefficient (SC) as proposed by [13] with an average germination time (GT).

$$SC = (N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n / N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 + \dots + N_n T_n) \times 100$$

$$GT = N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 + \dots + N_n T_n / N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$$

N₁: Number of seeds germinated at T₁ time
 N₂: Number of seeds germinated at T₁ and T₂ time
 N₃..... N_n: Number of seeds germinated from T₃ to T_n time

2.7. Taking and preparing plant material for biochemical analyses:

As germination is assessed (5 days after beginning treatment), seeds are wrapped one by one in aluminum paper, numbered and weighed to be dried at 80°C during 48 hours. Samples are then weighed again before being ground in a mortar. Powder is preserved in pill organizers closed hermetically and kept frozen until tests.

Fresh and dry weights are recorded with an OHUS type precision scale.

2.8. Determining total sugar and phenolic compounds content:

Total sugar is carried out as described by [14]. Phenolic compounds are carried out as described by [15], the Prussian blue method.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Germination precocity

Germination precocity is assessed by first germinated seeds rate corresponding to time interval between seedling and first germinated seeds. Table 1 records first germinated seeds variation rate according to different treatments.

Table 1: germination precocity of treated okra seeds.

	T	T+F1	T+F2	25 meq.l ⁻¹	25meq.l ⁻¹ +F1	25meq.l ⁻¹ +F2	50meq.l ⁻¹	50 meq.l ⁻¹ + F1	50 meq.l ⁻¹ +F2
GP%	99.33±0	100±0	100±0	96.83±1	100±0	99.83±0.34	96.5±2.57	96±1.34	98±0.94

GP%: germination precocity

T: seeds treated with distilled water.

T+F1, T+F2: seeds treated with 10 µM and 20 µM fluridone.

25meq.l⁻¹, 50meq.l⁻¹: seeds stressed with 25meq.l⁻¹ and 50meq.l⁻¹ NaCl.

25meq.l⁻¹ + F1, 25meq.l⁻¹ + F2: seeds stressed with 25meq.l⁻¹ NaCl plus 10µM, 20µM fluridone.

50meq.l⁻¹+F1, 50meq.l⁻¹+F2: seeds stressed with 50meq.l⁻¹ NaCl plus 10µM, 20µM fluridone.

First germinated seeds response is similar in samples tested with 10µM and 20µM fluridone, germination starts the 1st day after seedling with a 100% estimated maximum rate, namely a 0.67% increase compared to control sample. On the other hand, 25 meq.l⁻¹ salt treatment caused a notable germination decrease compared to control sample. 10µM and 20µM fluridone treatment seems to reduce salt delay effect assessed by respectively 100% and 99.83% estimated germination rates.

With a 50 meq.l⁻¹ salt treatment either associated or non-associated to fluridone, we recorded a discernable germination rate decrease. With 50 meq.l⁻¹ NaCl and 50 meq.l⁻¹ NaCl +10µM fluridone treatment, first germinated seeds do appear from the very first day after seedling with respectively a 2.83% and a3.33% weak germination rate compared to control sample. Rate is improved when fluridone concentration equals to 20µM estimated to 98% the very first day after seedling.

3.2. Germination kinetics

Germination kinetics mostly represents evolution of germination percentages cumulated over to time (expressed in days).

Table2: Germination kinetics of treated okra seeds.

	T	T+F1	T+F2	25meq	25meq+F1	25meq+F2	50meq	50meq+ F1	50meq+F2
1 st day	99.33±2.58	100±0	100±0	95.33±9.15	100±0	99.33±2.58	92.67±9.61s	94±7.37s	96.67±6.17
2 nd day	99.33±2.58	100±0	100±0	97.33±5.94	100±0	100±0	97.33±5.94	96.67±4.88s	98±4.14
3 rd day	99.33±2.58	100±0	100±0	97.33±5.94	100±0	100±0	98±4.14	96.67±4.88s	98.67±3.52
4 th day	99.33±2.58	100±0	100±0	97.33±5.94	100±0	100±0	98±4.14	96.67±4.88s	98.67±3.52

S: significant effect compared to control sample

Table records cumulated germination rates of okra seeds with different treatments. Results assess that 10µM and 20 µM concentration treatments cause a germination evolution compared to control sample with a 100% estimated cumulated rate from the very first day after seedling, namely a 0.67% increase.

Seeds germination with 25 meq.l⁻¹ NaCl treatment goes from 95.33% to 97.33%, namely a2 to4% difference compared to control sample and a 3.67% to 5.67% difference compared to seeds treated with 25 meq.l⁻¹ NaCl associated to10µM and 20µM fluridone.

Seeds germination treated with 25meq.l⁻¹ + F1 and 25meq.l⁻¹ + F2 progresses over time. 25 meq.l⁻¹ + F2 treatment causes a 99.33% germination the 1st day and reaches a 100% from the 2nd day.

With 50 meq.l⁻¹ treated seeds, germination starts the 1st day after seedling with a 92.67% rate, namely a7.06% decrease compared to control sample and 2.27% to 4.40% compared to 50 meq.l⁻¹+F1and 50 meq.l⁻¹+F2treatment respectively. Rate becomes steady with98%the 3rd day after seedling.

On the other hand, 50 meq.l⁻¹+F1 treatment causes a slow growth compared to control sample and to other treatments (50 meq.l⁻¹, 50 meq.l⁻¹+F2).Growth has a 94% cumulated rate from the first day after seedling, namely a 5.33% decrease compared to control sample. Growth becomes steady after the 2nd with a 96.67% cumulated rate. With 20µM fluridone concentration seeds germination rate immediately increases faster compared to 50 meq.l⁻¹+F1 treatment with a 96.67% cumulated rate from the first day to a 98.67% cumulated rate the 3rd day.

Finally, it is notable that cumulated rate growth of germinated seeds treated with 50meq.l⁻¹ either associated or non-associated to fluridone remains slower than control sample.

3.3. Germination speed

Germination speed is considered as being the time left between seedling and germination for seeds to germinate (Lang, 1965). For a better understanding of factors acting on okra seeds germination, we have adapted two simple formulas: speed coefficient (SC) and average germination time (GT) as proposed by Kotowski (1926).

3.3.1. Germination speed (speed coefficient (SC) and average germination time (GT)) :

Results (table 3) assess that 25 meq.l⁻¹ salt treatment decreases germination speed and extends germination average time compared to control sample. Nevertheless, adding 25 meq salt solution with au 10 μ M fluridone increases again germination speed with a shorter germination average time. Then, germination speed of 25 meq+F₂ treated seeds gradually slows down with a longer germination average time compared to control sample and to 25meq+F₁ treated seeds.

Table3: germination speed (speed coefficient. average time) of okra treated seeds.

	T	T+F ₁	T+F ₂	25meq	25meq+F ₁	25meq+F ₂	50meq	50meq+ F ₁	50meq+F ₂
SC%	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	98.15 $\pm$ 5	100 $\pm$ 0	99.39 $\pm$ 2.35	95.03 $\pm$ 7.94 s	97.19 $\pm$ 6.53	94.92 $\pm$ 8.11s
GT day	1 $\pm$ 0	1 $\pm$ 0	1 $\pm$ 0	1.02 $\pm$ 0.06	1 $\pm$ 0	1.01 $\pm$ 0.03	1.06 $\pm$ 0.1 s	1.04 $\pm$ 0.08	1.03 $\pm$ 0.06

S: significant effect compared to control sample

50 meq stress either associated or non-associated to fluridone induces a germination speed decrease and a longer germination average time compared to control sample.

3.4. Sugar and phenolic compounds rate of *Abelmoschus esculentus* L. seeds under salt stress either associated or non-associated to fluridone

Results shown in table 4 assess that sugar rates fluctuate almost in a similar way whatever the fluridone concentration treatment is (10 or 20 μ M). We have indeed recorded respectively a 0.62% to 0.66% decrease compared to control sample. With 25 meq.l⁻¹ salt treatment, we have recorded a 1.29% sugar rate decrease compared to control sample. As salt solution is added to fluridone, compounds content increases as fluridone concentration does. Indeed, sugar rate increase from 0.30% to 0.78% compared to 25 meq.l⁻¹ treatment.

Table 4: Sugar rate (SR%) and phenolic compounds rate (PC%) in *Abelmoschus esculentum* L. seeds under NaCl and fluridone stress.

Lot	SR%	PC%
T	2.15 $\pm$ 0.78	0.445 $\pm$ 0.01
T+F ₁	1.49 $\pm$ 0.2	0.42 $\pm$ 0.01
T+F ₂	1.53 $\pm$ 0.57	0.715 $\pm$ 0.01
25meq NaCl	0.86 $\pm$ 0.32 s	0.525 $\pm$ 0.01
25meq+flu1	1.16 $\pm$ 0.26 s	0.63 $\pm$ 0.01
25meq+flu2	1.64 $\pm$ 0.2	0.605 $\pm$ 0.005
50meq NaCl	0.84 $\pm$ 0.41 s	0.365 $\pm$ 0.004
50meq+flu1	1.51 $\pm$ 0.13	0.365 $\pm$ 0.01
50meq+flu2	2.79 $\pm$ 2.7	0.375 $\pm$ 0.18

S: significant effect compared to control sample

Thus, 50 meq.l⁻¹ salt treatment induces a notable 1.31% sugar rate decrease compared to control sample. As soon as salt solution is added with fluridone, sugar rate increases constantly to reach a 2.79% apex with a 50 meq.l⁻¹ + F₂ treatment, namely being a 0.66% increase compared to control sample.

Phenolic compounds rates recorded with fluridone F₁ treated seeds are quite similar to control sample rates, namely a 0.025% slight decrease. On the other hand, F₂ concentration causes a 0.27% increase compared to control sample.

Indeed, a 0.08% and a 0.19% increase were respectively recorded with 25 meq.l⁻¹ and 25 meq.l⁻¹ + F₁ treatment compared to control sample. Then, a slight decrease was recorded with 25 meq.l⁻¹+F₂ treatment, namely a 0.003% decrease compared to 25 meq.l⁻¹+F₁ treatment.

Phenolic compounds rates of seeds treated with 50 meq.l⁻¹and 50 meq.l⁻¹+F₁have an almost steady fluctuation. With50 meq.l⁻¹+F₂, a slight decrease of phenolic compounds is recorded, estimated from 0.08% to 0.09% compared to control sample.

Several studies assessed that new substances having herbicide proprieties such as fluridone contribute to breaking dormancy mechanism by inhibiting ABA.[16] confirmed such mechanism by assessing that fluridone easily breaks induced seeds dormancy. [17] works confirmed the same hypothesis in 2004, assessing that

fluridone has a very efficient function in deleting secondary dormancy development of seeds having a high potential dormancy (HPD) from *Brassica napus* plant species.

Moreover, according to [9] study on abscisic acid effect in controlling embryo development and germination, ABA settling is not ably delayed by spraying a fluridone solution onto young *Helianthus annuus* fruits.

4. CONCLUSION

In order to better understand resistance mechanisms of salt-stressed plants, our study is based on fluridone and/or salt influence on plant response.

To conclude our work, *Abelmoscus esculentus* L. seeds germination follow-up assessed that germination rate and speed fluctuate according to treatment processed. According to results, we can point out the following essential topics:

- With 10 μ M and 20 μ M fluridone tested samples, germination starts the 1st day after seedling, treatment inducing indeed a cumulated rate with a fast progression compared to control sample and estimated to 100%.
- Salt stress associated to 20 μ M fluridone seems to reduce salt delay effect helping okra seeds germination appearing from the first day.
- Speed germination, expressed in speed coefficient de (Cv) varies in a reverse way compared to salt concentration.
- Biochemical analysis of seeds sugar and phenolic compounds assesses a variation in compounds accumulation. Generally, a sugar accumulation apex is recorded when seeds are treated with 50 meq.l⁻¹ salt solution added with fluridone F₂.
- With phenolic compounds, the highest rate is recorded when medium is added with fluridone F₂ solution.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Mallek . E.2001. Influence de la salinité sur certains aspects physiologiques et métaboliques de la tolérance au sel de Tomates sensibles et résistantes. Thèse de doctorat en UFR de biologie. Paris: Science de la Nature.
2. Mallek-Maalej. E, Boulasnem. F, Ben Salem .M. 2004. Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahiers Agriculture*. vol 12. pp 153-6.
3. Marque.C,Galoud.JP ,Mazars.C.2002.les plantes :un fabuleux potentiel d'adaptation.
4. Hajlaoui. H, Denden. M, et Bouslama. M. 2007. Etude de la variabilité intra-spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade de germination. *Tropicultura*, 25, 3, 168-173
5. Kadri. k, Maalam Scheikh .M.H, Benabdallah .A, Rahmoune .C, Ben Naceur .M. 2009. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). c n°29 , pp.72-79
6. Nedjimi. B, Bekai. Z, Guit .B, Toumi .M et Daoud .Y. 2013 : germination et croissance d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* en présence de CaCl₂: vol. 3, n° 1, p : 15-23
7. Mrani Alaoui. M, El Jourmi. L, Ouarzane. A, Lazar. S, El Antri .S, Zahouily .M, Hmyene. A. 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties.J. Mater. Environ. Sci. 4 (6) 997-1004, ISSN : 2028-2508.
8. Benidire. L, Daoui .K, Fatemi .Z.A, Achouak .W, Bouarab. L, Oufdou .K. 2015 .Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *Sci. 6 (3) p: 840-851* .ISSN : 2028-2508.
9. Le Page-Degivry MT, Bulard.C. 1988. L'acide abscissique dans la régulation du développement embryonnaire et de la germination. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 135, Actual. bot., (4), 19-32.
10. Atia. A., Debez. A, Barhoumi.Z, Smaoui.A, Abdelly .C. 2009. ABA, GA₃, and nitrate may control seed germination of *Crithmum maritimum* (Apiaceae) under saline. Vol 332, Issue 8, Pages 704–710
11. Fei.H, Ferhatoglu.Y, Tsang.E, Huang.D, Cutler.A.J. 2009. Metabolic and hormonal processes associated with the induction of secondary dormancy in *Brassica napus* seeds. *Botany* Vol. 87. p 585–596.

12. Côme.D. 1970. Les obstacles à la germination (monographie ET physiologie végétale). Ed. Masson et Cie (Paris), 162p.
13. Kotowski,.F. 1926. Les relations de température à la germination des semences de légumes. Actes de l'American Society for Horticultural Science 23: 176-184.
14. Dubois.M, Gille.K.A, Hamilton.J.D. 1956. Colorometric methods for determination of sugars and related substances. Anal Chem. ; 28 :350-356.
15. Martin .L.P, Larry .G.B. 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of Sorghum grain. J Agri Food Chem.; 25(6) : 1268-1277.
16. Yoshioka.T, Endo.T, and Satoh,.S. 1998. Restoration of seed germination at supraoptimal temperatures by fluridone, an inhibitor of abscisic acid biosynthesis. Plant Cell Physiol. 39: 307–312.
17. Robert .H.G, Sheila.C, Suzanne .A, Ian.Mc.G, Allison .K, and Steven S. 2004. Response to abscisic acid application and hormone profiles in spring *Brassica napus* seed in relation to secondary dormancy. Vol. 82, p : 1618–1624

Résumé

Dans le but de comprendre les mécanismes de réponses du gombo au stress abiotique, en particulier la salinité, notre travail s'intéresse à étudier le stade de germination et la phase végétative des plantes de cette espèce sous l'effet combiné de NaCl et de la fluridone, un inhibiteur de synthèse de l'acide abscissique. La germination de cette espèce a été suivie en faisant varier les concentrations de la solution saline de NaCl à 25 mM et 50 mM combinée à la fluridone à 10µM et 20 µM. Les plantes sont aussi traitées pendant une semaine à la salinité au NaCl à 25 mM, 50 mM, 100 mM, 150 mM et à la fluridone aux mêmes concentrations. Les résultats montrent que l'application de la fluridone améliore la germination des graines de gombo qui se manifeste dès le 1^{er} jour après le semis avec des taux variant de 99,83 à 100%. D'autre part, le traitement salin associé à la fluridone aux concentrations testées, atténue l'effet retardateur de la salinité. L'analyse de quelques paramètres biochimiques liés à la germination des graines du gombo montre que les graines stressées enregistrent une faible teneur en sucres totaux par rapport aux graines témoins, Les mêmes remarques sont enregistrées pour la teneur en composés phénoliques sous le traitement salin 50 mM NaCl en présence ou non à la fluridone. Par contre, le traitement à 25 mM NaCl en présence de la fluridone induit une augmentation des teneurs en ces composés par rapport au témoin. Les tests phytochimiques des extraits aqueux et éthanolique font apparaître une richesse des graines d'*Abelmoschus esculentus* L. en différentes familles de métabolites secondaires. Les résultats montrent que le traitement au NaCl associé ou non à la fluridone contribue à la diminution des teneurs en sucres totaux des feuilles des plantes et l'augmentation des teneurs en ces composés des racines. Par contre les teneurs en composés phénoliques fluctuent de manière non stable. D'autre part, l'analyse des sucres et des composés phénoliques des plantes montre que la teneur la plus élevée en sucres est enregistrée dans les racines (6,05 mg. 100 mg⁻¹ PS) sous le traitement 150 mM NaCl et la teneur la plus importante des composés phénoliques est enregistrée dans les feuilles (2,5 mg. 100 mg⁻¹ PS) sous le traitement à 25 mM + F20. A la lumière de ces résultats, il est possible de retenir que l'application de la fluridone atténue l'effet du NaCl sur la germination des graines et améliore les paramètres biochimiques utilisés pour apprécier les réponses des plantes du gombo au stade germination et au cours des premiers stades de son développement.

Mots clés :

Abelmoschus esculentus L; Gombo; Germination; Plante; Fluridone; NaCl; Salinité; Sucres totaux; Composés phénoliques; Métabolites secondaires.