



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des frères Mentouri (Constantine 01)
Département Biologie et Physiologie Végétale



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biologie et Physiologie de la Reproduction

Intitulé

L'effet de l'Acide Salicylique sur la germination de Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) sous stress salin

Présenté et Soutenu Par

- Bouzid Cheima

- Kerboub Sandra

Le : 12/07/2021

Jury d'évaluation

Président :

Boudour. L

PR- UFM Constantine 01

Rapporteur :

Bouchareb. R

MCA- UFM Constantine 01

Examineur :

Chibani. S

MCA - UFM Constantine 01

Année universitaire : 2020-2021

Sincères Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui Nous ont aidés lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous voulons dans un premier temps remercier, Notre directrice de mémoire **Mme BOUCHARÉB**, maitre de conférences classe A à l'Université Frères Mentouri (Constantine 01), pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous remercions également toute l'équipe pédagogique de l'université des frères Mentouri (Constantine 01) et les intervenants professionnels responsables de notre formation, pour avoir assuré la partie théorique de ce mémoire.

Toute notre gratitude va vers **Mme Boudour** et **Ms Chibani** pour avoir relu et corrigé notre mémoire. Et accepter de siéger comme examinateur au jury de notre mémoire Leurs conseils de rédaction ont été très précieux.

DEDICACES

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté

D'entamer et de terminer ce mémoire

Je dédie ce modeste travail à : Mes chers parents «Naima » et «Kamal »

Que j'aime tellement, et qui m'ont soutenu tout au long de mes études,

Soit financièrement ou moralement, en leur souhaitant une longue vie.

Mes très chers frère et sœurs biens aimés: *Abdelfatah*, Ibtihel et Nour el Houda et

Son mari Cherif, et ma petite princesse Iline à qui je souhaite une vie pleine de joie, de bonheur et de succès.

A la mémoire de mon grand-père Boucenna Mouhamed ALI

A ma très chère grande mère Messaouda que ALLAH la protège et la garde auprès de ceux qui les aiment.

Et à ma chère grande famille paternelle et maternelle (Tantes : Sakina, Fatiha, Karima, Amel, Fifi, Moufida) ,et leurs filles et leur fils :(Meriem, Asma, Alaa, Soujoud, Ines, Midou, Adem, Anis, Mohamed, Maya, Maram, Malek, Jad).

A ma binôme Kerboub Sandra que je considère comme une sœur.

A tous mes amis surtout: Maroua, Maya, Hiba, Rania, Abire, Alaeddine, avec qui j'ai

Passé de très bon moment, je leur souhaite plein de bonheur et beaucoup de succès.

** Bouzid Cheima**

DEDICACES

**On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer
Et de terminer ce mémoire.**

**Je remercie mes parents les plus chers en ma vie. A' mon père Mohemmed précieux,
a ma maman Leila ma vie et la plus merveilleuse de toutes les femmes au monde.**

Pour tous les sacrifices qu'ils consentirent durant toute ma vie.

**A mon cher frère Omar pour son appui et à ma petite et adorable sœur Maria,
je leur souhaite une longue vie pleine de bonheur et de santé.**

A mon cher-mari Imad mon précieux offre du dieu,

Et à ma belle famille commençant par ma belle mère Nora que Dieu la protège,

A mon beau frèreMamine que je considère comme un 2^{ème} frère,

A ma belle sœurRayene et son mari Khaled, et leur adorables filles.

A la mémoire de mon beau père Dali Wardedine disparu trop tôt.

A la mémoire de ma grande mère Bendahmane Rezkia.

A la mémoire de mon cher oncle Bousbaa Kamel,

Que dieu protège leurs âmes

A ma tante saliha et ses filles Noussa et Romaiassa qui m'ont aidé dans mon par court.

A ma chèrebinomeCheima pour sa entente et sympathie.

****Kerboub Sandra****

Résumé :

Le quinoa a été identifié pour ses avantages nutritionnels dans le monde entier, pour sa teneur en protéines, en minéraux et en vitamines, et son importance a été renforcée non seulement dans les pays en développement, mais également dans les pays développés. Afin d'étudier l'effet de l'acide salicylique sur la germination de quatre variétés de Quinoa sous stress salin et la possibilité de l'inverser en utilisant le régulateur de croissance de l'acide salicylique. On appliquant quelques concentration de NaCl (10 g/l, 7 g/l, 3 g/l, 0 g/l) sur des variétés traitées avec ou sans acide salicylique qui a été réaliser au laboratoire de l'université Frère Mentouri.

Les graines traitées par l'acide salicylique ont montré une capacité d'inverser l'effet du stress salin, en stimulant certains paramètres physiologique tel que le pourcentage total de germination, la vitesse de germination, l'indice de germination, en plus des mesures des longueurs des racines et des longueurs des pédoncules dans les graines de cultivars à la concentration saline spécifiée.

La V2 étudié présentait des comportements bien différenciés sous des concentrations élevées de chlorure de sodium qui ont des corrélations significatives avec les variables étudiées.

Les mots clés sont : l'acide salicylique, le stress salin, Quinoa, germination, variétés, paramètres physiologique.

Abstract

Abstract:

Quinoa has been identified for its nutritional benefits around the world, for its protein, mineral and vitamin content, and its importance has been heightened not only in developing countries, but also in developed countries. To study the effect of salicylic acid on the germination of four varieties of Quinoa under salt stress and the possibility of reversing it using the growth regulator of salicylic acid. We apply a few concentrations of NaCl (10 g / l, 7 g / l, 3 g / l, 0 g / l) on varieties treated with or without salicylic acid which was carried out in the laboratory of the University Frère Mentouri.

The seeds treated with salicylic acid showed an ability to reverse the effect of salt stress, by stimulating certain physiological parameters such as the total germination percentage, the germination speed, the germination index, in addition to the measurements. Root lengths and peduncle lengths in cultivar seeds at the specified salt concentration.

The key words are: salicylic acid, salt stress, Quinoa, germination, varieties, and physiological parameters.

المخلص:

تعتبر نباتات الكينوا من بين أهم النباتات التي يتم دراستها وإجراء أبحاث حولها في جميع أنحاء العالم, وهذا راجع لفائدتها ومحتواها من بروتينات ومعادن وفيتامينات, ومن بين أهم الخصائص التي تتميز بها نباتات الكينوا تحملها للملوحة ولهذا تم دراسة تأثير حمض الساليسيليك على إنبات أربعة أصناف من نباتات الكينوا تحت الإجهاد الملحي وإمكانية عكسه باستخدام حمض الساليسيليك, تم تطبيق تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (10غ/ل, 7غ/ل, 3غ/ل, 0غ/ل) على الأصناف المعالجة باستخدام أو بدون استخدام حمض الساليسيليك حيث تم إجراء هذا العمل في مختبر بجامعة الإخوة منتوري في قسنطينة 1.

أظهرت البذور المعالجة بحمض الساليسيليك قدرتها على عكس تأثير الإجهاد الملحي, من خلال تحفيز بعض العوامل الفسيولوجية ولقد أظهر الصنف 2 الأفضل لمعظم العوامل التي تمت دراستها.

الكلمات الرئيسية هي: حمض الساليسيليك، إجهاد الملح، الكينوا، الإنبات، الأصناف، القياسات الفسيولوجية.

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Slogan de la campagne pour l'année internationale du quinoa	8
Figure 02 : Répartition mondiale de la production de quinoa	9
Figure 03 : Variétés du Quinoa	12
Figure 04 :Système racinaire du Quinoa	14
Figure 05 : Forme de la tige principale (coupe transversal).....	16
Figure 06 : Forme des feuilles	18
Figure 07 : Formes de la panicule	19
Figure 08 :Fleurs hermaphrodites et femelles de Quinoa.	20
Figure 09 :Chenopodium Quinoa – structure interne de la graine.....	22
Figure 10 : Phases phénologiques du quinoa	25
Figure 11 :Formule de l'acide salicylique	35
Figure 12 : Biosynthèse de l'Acide Salicylique dans la plante.....	35
Figure 13 :Les différentes variété du Quinoa utilisées dans l'expérience.....	40
Figure 14 :Le taux de germination (GP%), des différentes variétés du quinoa en fonction de la concentration de salinité sous l'effet de l'acide salicylique.....	47
Figure 15 : La vitesse de germination (GR%) des différentes variétés de quinoa sous différentes concentrations de salinité sous l'effet de l'acide salicylique.....	49
Figure 16 : L'indice de stress germinatif (GSI%) des différentes variétés de quinoa sous différentes concentrations de salinité sous l'effet de l'acide salicylique.....	50
Figure 17 : L'effet de l'acide salicylique sur la longueur de la racine (LR%) sous différentes concentrations de NaCl.....	52
Figure 18 :L'effet de l'acide salicylique sur la longueur de la tige (LT%) sous différentes concentrations de NaCl.....	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Classification scientifique de Quinoa	11
Tableau 02: Colorations dans le fruit du Quinoa	21
Tableau 03 : Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g/l).....	34
Tableau 04: Le matériel utilisé dans la présente expérimentation.....	41
Tableau 05 : Les paramètres salins et de l'acide salicylique utilisés.....	42
Tableau 06 : Répartition des coefficients et niveaux.....	42
Tableau 07 : Analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs contrôlés du taux De germination.....	48
Tableau 08 : Analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs contrôlés de l'indice de Germination GSI%.....	50
Tableau 09 : Analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs contrôlés de la vitesse de Germination GR%.....	51
Tableau 10 : Analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs contrôlés de la longueur de racine LR%.....	55
Tableau 11 : Analyse de variance (ANOVA) à trois facteurs contrôlés de la longueur de la tige LT%.....	57

LISTE DES ABREVIATIONS

A S : acide salicylique

ATPase : Adénosine triphosphatase.

FOA : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture).

g: gramme

ITDAS : Institut technique du développement de l'agronomie saharienne .

mL: Millilitre.

NaCl: chlorure de sodium.

PPase:Pyrophosphatase.

SOS: Salt Overly Sensitive

V : Variété

S : Solution

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

INTRODUCTION GENERALE.....

1-2

CHAPITRE I : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Présentation De Plante Etudie.....

4

1.1. Définition Du Quinoa.....

4

1.2. Histoire Et L'origine De Quinoa

4

1.2.1. Le Quinoa Dans Le Passé

4

1.2.2. Les Conséquences De La Conquête Espagnole Au Xvème Siècle..

5

1.2.3. Le Quinoa De Nos Jours

5

1.2.4. Le Quinoa : Un Aliment Précieux Pour L'avenir.....

6

1.3. Distribution De Quinoa

8

1.3.1. Dans Le Monde.....

8

1.3.2. En Algérie.....

9

1.4. Classification Du Quinoa

10

1.4.1. Classification Morphologie

10

1.4.2. Classifications Scientifiques

10

1.5. Les Différentes Variétés De Quinoa

12

1.6. Descriptions Du Quinoa

13

SOMMAIRE

1.6.1. La Morphologie De La Plante Du Quinoa	13
1.6.2. Caractères Végétatifs.....	14
a. Les Racines.....	14
b. La Tige.....	15
c. Les Ramifications.....	16
d. Les Feuilles.....	17
1.6.3. Caractère Floraux	18
a. L'inflorescence.....	18
b. Les Fleurs.....	19
c. Les Fruits et Les Graines.....	20
d. La Saponine	23
1.7. Exigences De La Plante Du Quinoa.....	23
1.7.1. Les Exigences Climatiques.....	23
a. La Température	24
b. L'eau	24
c. L'éclairement	24
1.7.2. Les Exigences Agrologiques	24
a. Le Sol	24
b. Les Eléments Fertilisants	24
1.8. Cycle De Vie De Quinoa	25
1.9. L'utilisation De Quinoa	26
2. Généralité De La Salinité	27
2.1. Le Stress	27
2.2. Les Différents Types Du Stress.....	27
2.2.1. Stress Hydrique	27

SOMMAIRE

2.2.2. Le Stress Thermique.....	28
2.2.3. Le Stress Salin	28
a. Définition De La Salinité	28
b. Types De Salinité.....	29
c. Effet De La Salinité	30
d. Mécanismes De Tolérance.....	30
e. Effets De La Salinité	31
□ Effets De La Salinité Sur Les Plantes	31
□ Effet De La Salinité Sur La Germination.....	31
□ L'effet De La Germination Sur Le Quinoa	32
3. Généralités Sur L'acide Salicylique.....	33
3.1. Définition De L'acide Salicylique.....	33
3.2. Histoire De L'acide Salicylique.....	33
3.3. Les Propriétés Physico-chimiques.....	34
3.4. Biosynthèse De L'acide Salicylique.....	35
3.5. Le Rôle De L'acide Salicylique.....	36
3.6. Relation Entre L'acide Salicylique Avec La Salinité.....	36
3.7. Mode D'action De L'acide Salicylique.....	37

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

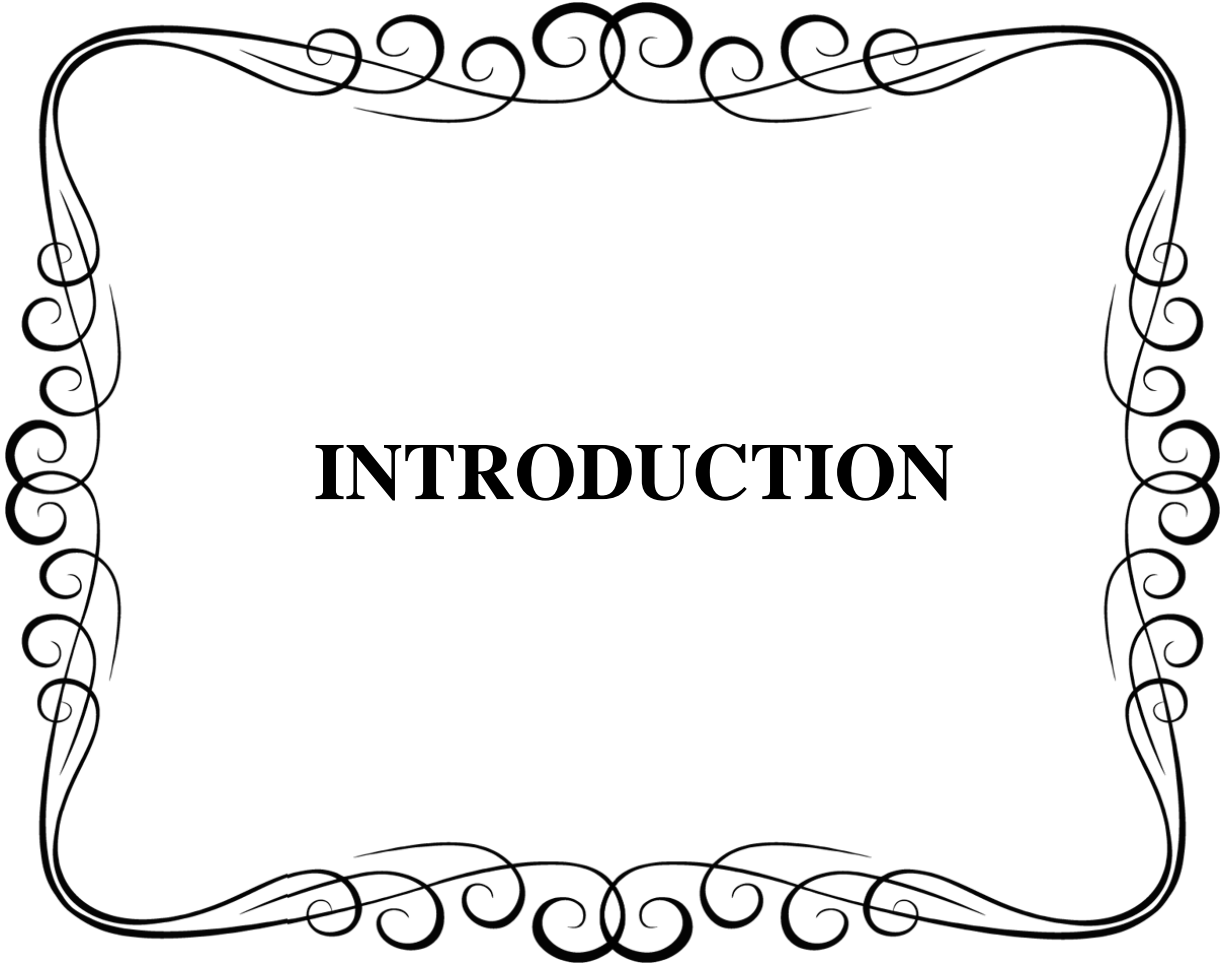
1. Le But De L'expérience.....	40
2. Matériels Végétales.....	40
3. Matériel Expérimental.....	41

4. Mise En Place De L'expérimentation Et Dispositif Expérimental	41
5. Exécution De L'expérience	42
6. Les Paramètres Etudiés	43
6.1. Les paramètre Etudiées Sur Graines Germées.....	43
1.6.1. Taux De Germination GP%.....	43
1.6.2. La vitesse de germination GR%.....	43
1.6.3. L'indice de germination GSI%.....	43
1.6.4. Les cinétique de la germination.....	44
a. longueur de racine	44
b. longueur de tige	44
6.2. Les Etudes Statistiques Appliquées	44

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Présentation Des Résultats.....	47
1.1. Taux De Germination (GP%)	47
1.2. Vitesse De Germination (GR%)	49
1.3. L'indice De Stress Germinatif (GSI%)	50
1.4. Cinétique De La Germination.....	52
1.4.1. Longueur De Racine (LR)	52
1.4.2. Longueur De La Tige (LT)	56
2. Discussion.....	58
CONCLUSION	61

LES REFERENCES



INTRODUCTION

INTRODUCTION

Introduction

Les plantes sont exposées à de multiples contraintes environnementales (salinité, sécheresse, hydromorphie, températures extrêmes, déficiences minérales, excès d'ions) qui peuvent, au delà de certains seuils, provoquer des stress. En particulier, la salinité des sols et des eaux d'irrigation qui est une contrainte majeure qui limite fortement la croissance, le développement et la productivité des plantes cultivées (**Greenway et Munns, 1980 ; Levigneron *et al.*, 1995**).

Ce sont les régions des étages bioclimatiques arides et semi-arides qui se montrent les plus menacées par les effets de la salinité. En outre, l'irrigation des sols avec des eaux de qualité médiocre et l'utilisation parfois abusive de fertilisants conduisent, dans des conditions d'évaporation intense et de drainage insuffisant, à la salinisation progressive des terres (**Munns *et al.*, 2004**).

Pour faire face à ce problème, les physiologistes ont cherché à identifier les mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires de la tolérance au sel en étudiant l'effet de la salinité sur les fonctions majeures de la plante (croissance, photosynthèse, respiration, transports d'eau et d'ions). Ces travaux visent à fournir aux améliorateurs des critères de sélection de variétés tolérantes, capables d'assurer un rendement économiquement acceptable en milieu salé. (**Hala *et al.*, 2009**).

Le quinoa a été identifié pour ses avantages nutritionnels dans le monde entier, pour sa teneur en protéines, en minéraux et en vitamines, et son importance a été renforcée non seulement dans les pays en développement, mais également dans les pays développés (**Aabha, 2015**).

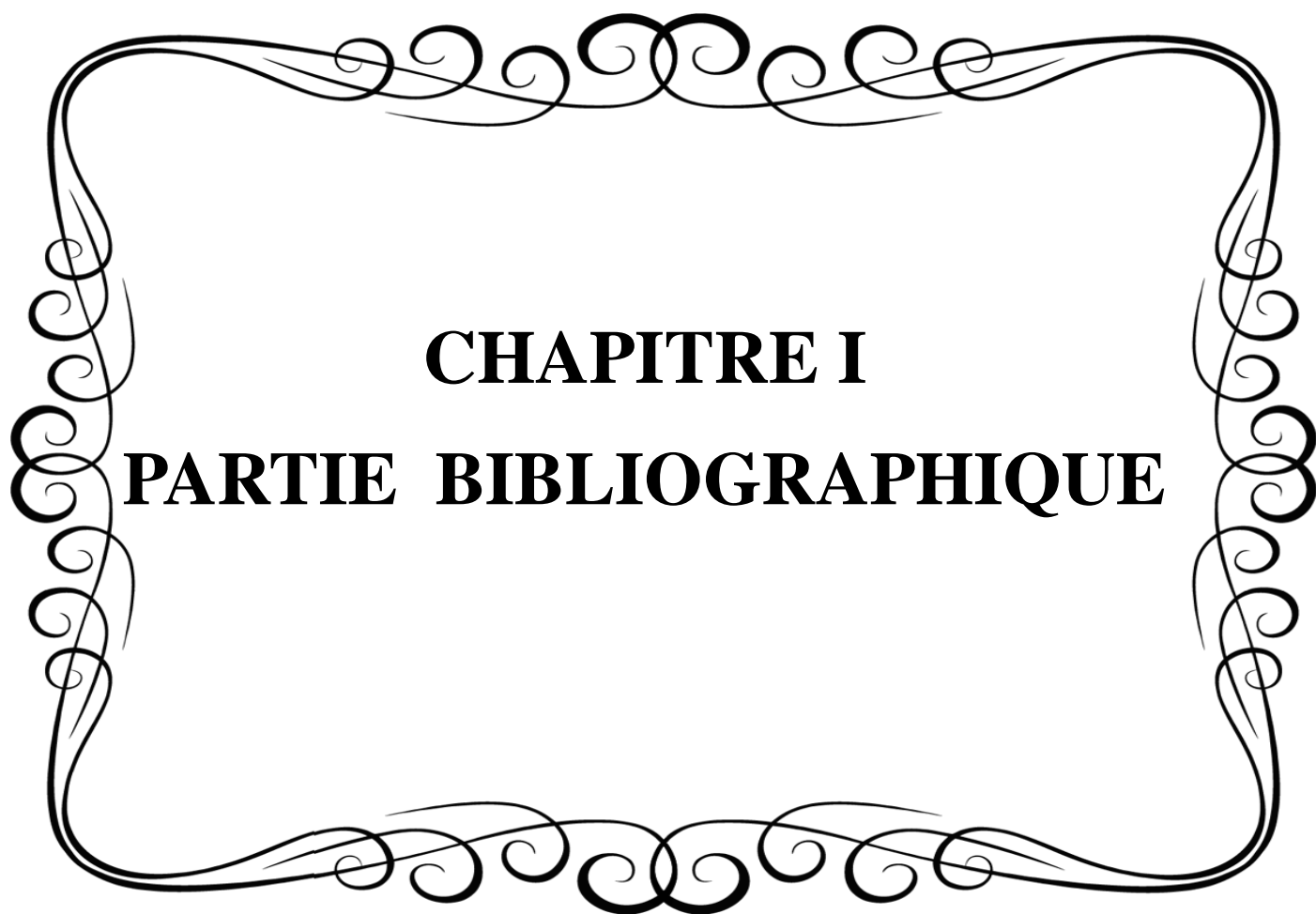
En raison de son importance économique, le Quinoa cultivée a bénéficié d'une grande attention, sa tolérance au sel a été largement étudiée dans le monde et continue à susciter l'attention des chercheurs, le Quinoa est classé parmi les plantes tolérante, Néanmoins, sa tolérance à la contrainte saline diffère avec les variétés et elle est susceptible d'être améliorée par voie biotechnologique (**Zhang et blumwald, 2001**) ou physiologique (**Estañet *et al.*, 2005**). Il est également possible de faire appel à des prétraitements ou des traitements par le calcium (**Caines et Shennan, 1999**), par des agents osmotiques (**Cayuela *et al.*, 1996**) ou par l'acide salicylique (**Stevens *et al.*, 2006**).

L'acide salicylique est un produit naturel chez de nombreuses plantes, intervenant dans le contrôle de plusieurs processus physiologiques afin de limiter les effets néfastes de la salinité,

INTRODUCTION

et de renforcer les mécanismes de tolérance au stress, il joue un rôle important dans la défense des plantes contre le stress biotique et abiotique (**Ünlüt *al.*, 2009; Vazirimehr et Rigi, 2014**). Son application exogène sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs, et son rôle dans l'activation de la germination, la croissance sous stress salin a été signalé chez le blé (**Arfanet *al.*, 2007**), l'orge (**El-Tayeb, 2005**) et le maïs (**Guneset *al.*, 2007**).

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet de l'acide salicylique sur la tolérance de la salinité sur différentes variétés du Quinoa. Cette évaluation concerne la croissance et le développement de la plante en mesurant quelques paramètres physiologiques.



CHAPITRE I
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Présentation de plante étudiée

1.1. Définition du Quinoa

Le Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) est une plante herbacée annuelle de la famille des Chenopodiaceae. C'est une pseudo-céréale, étroitement liée à des espèces telles que la betterave, l'épinard et l'amarante.

Cette plante traditionnelle est cultivée depuis plus de 5 000 ans sur les hauts plateaux d'Amérique du Sud:comme le haricot, la pomme de terre, le maïs. Elle était à la base de l'alimentation des civilisations précolombiennes, mais contrairement à ces dernières, il n'a pas retenu l'attention des conquérants espagnols à cause de la teneur en saponine de l'enveloppe de ses graines non écorcées, et du fait que la farine qui en est tirée n'est pas panifiable en raison de l'absence de gluten.

Dans les années 1970, les pays industrialisés en quête d'une alimentation plus saine, découvre les qualités nutritionnelles du Quinoa qui est désormais distribué dans la plupart des grandes surfaces, notamment dans les magasins de produits issus de l'agriculture biologique et du commerce équitable (Mujica, 1992 ;Izdihar et Cheyma, 2020).

1.2. Histoire et l'origine de Quinoa

1.2.1. Le Quinoa dans le passé

Le Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) a été décrit botaniquement pour la première fois en 1778 par Willdenow (botaniste et pharmacien allemand) comme une espèce originaire d'Amérique du Sud, dont le centre d'origine est situé dans les Andes (Dharm, 2019), plus particulièrement des hauts plateaux (Altiplano) bolivien et péruvien (Wilson, 1990 ;Mujica et al., 2001) ,à des altitudes de 3000 à 4000 mètres (Benhabib, 2005).

Le Quinoa cultivé le plus ancien a été trouvé sur les bords du lac Titicaca depuis plus de 5000 ans avant J.-C, il constituait une source d'alimentation importante pour les populations précolombiennes, et parfois surnommé « graine des Incas » (Galwey et al., 1990).

Conscients de ses qualités nutritives et agricoles exceptionnelles, les Incas l'appelaient «chisiyamama » dans leur langue maternelle, le Quechua, qui signifie « mère de toutes les graines » (Risi et Galwey, 1984 ; Herbillon, 2015).

Le Quinoa a été cultivé et consommé pendant des siècles par les populations paysannes indigènes de Colombie, Équateur, Pérou, Bolivie et Chili (**Gandarillas, 1979**).

Le Quinoa est une plante à large dispersion géographique, il est calculé que sa domestication s'est produite plus de 7 000 ans avant Jésus-Christ, il présente d'énormes variations et plasticité pour s'adapter aux différentes conditions environnementales (**Mujica et al., 2001**).

Grâce à ces générations d'agriculteurs le matériel génétique de cette espèce, comme celui d'autres plantes cultivées, a pu être conservé, avec les caractéristiques propres de ce que l'on pourrait appeler un système de conservation adéquat in situ (**Tapia, 2002**).

Ce genre est le plus grand de la famille des Chénopodiacées et est distribué autour du monde, avec environ 250 espèces (**Mujica et al., 2001 ; Lovato Giulio, 2012**). C'est une source importante de nourriture de grain dans la région andine depuis 3000 ans (**Tapia, 1982 ; Bhargava et al., 2006**).

1.2.2. Les conséquences de la conquête espagnole au XV^{ème} siècle

À l'époque de la conquête espagnole de l'Empire Inca en 1532, le Quinoa, les pommes de terre et le maïs étaient les principaux aliments de base en Amérique du Sud andine, avec la culture du Quinoa s'étendant légèrement au-delà de la région occupée par les Incas (**Galway, 1995 ; Risi et Galway 1984**).

Suivant la conquête des Incas, la culture du Quinoa diminua précipitamment avec le déplacement par les cultures préférées des conquistadores. D'après Cusack, le Quinoa occupait une place si élevée dans la culture inca et les cérémonies religieuses, au point que les conquistadores espagnols ont activement réprimé la culture dans le but d'éradiquer les rites religieux Incas. (**Cusack, 1984**).

De plus, le Quinoa n'a pas été adopté comme culture par les colons européens en Amérique du Sud ou en Europe, comme l'a été les cultures de maïs et de pommes de terre. (**Maughan et al., 2007**).

1.2.3. Le Quinoa de nos jours

La culture rurale du Quinoa continue à décliner dans les temps modernes. Les agriculteurs ont migré vers les centres urbains, des incitations ont été payées aux agriculteurs pour planter de l'orge, des féveroles et l'avoine au lieu du Quinoa, et une dépendance accrue sur les aliments importés a découragé la culture du Quinoa.

Selon Galwey, la superficie mondiale de la culture du Quinoa avait diminué à 39000 ha en 1975. (Galwey, 1995). Au milieu des années 1970, la valeur caractéristique nutritionnelle exceptionnelle du Quinoa a été découverte et sa popularité a commencé à augmenter.

Les Pays andins ont établi de petits programmes de sélection efficaces, et plusieurs nouvelles variétés ont été lancées. Des efforts pour collecter diverses races locales pour prévenir l'érosion génétique a permis de créer des banques nationales de matériel génétique de Quinoa en de nombreux pays andins, les plus grandes banques étant celles de la Bolivie et le Pérou.

L'utilisation principale du Quinoa comme aliment de base pour les agriculteurs de subsistance est toujours d'actualité dans les régions rurales des Andes.

Cependant, un nouveau marché international pour les produits biologiques du Quinoa cultivé a augmenté, créant une demande pour la production du Quinoa à l'export dans l'Amérique du Sud.

Aujourd'hui, la Bolivie et le Pérou représentent 90 % de la production mondiale (Scanlin et Lewis, 2017). Le prix du Quinoa a augmenté de plus de 50 % entre 2000 et 2010, les tendances en matière de santé ayant contribué à sa popularité dans l'UE et aux États-Unis (Arendt et Zannini, 2013).

De 2010 à 2013, les nouveaux produits de Quinoa aux États-Unis ont augmenté de près de 100% (Scanlin et Lewis, 2017). Le Smithsonian de Washington DC a nommé le Quinoa « le grain le plus nutritif au monde » et il continue de gagner en popularité.

Alors que, sa culture est en pleine expansion et on la trouve désormais dans plus de 70 pays. En 2002, 80 000 hectares étaient semés en Quinoa, essentiellement dans la région des Andes. La culture du Quinoa a franchi les frontières pour atteindre la France, le Royaume-Uni, le suède, le Danemark, les Pays-Bas et l'Italie. Aux États-Unis, la plante est cultivée au Colorado et au Nevada, et au Canada, dans les prairies de l'Ontario (FAO, 2013).

1.2.4. Le Quinoa : un aliment précieux pour l'avenir

De nos jours, la santé humaine et la sécurité alimentaire sont devenues des préoccupations mondiales de plus en plus importantes. Au cours des prochaines années, les écosystèmes devraient connaître des bouleversements climatiques tels qu'ils mettront en danger la production alimentaire fiable (Perez *et al.*, 2010). D'ici 2050, la population mondiale devrait s'accroître à plus de 9 milliards, augmentant ainsi la demande alimentaire entre 70 et 100% (Tilman *et al.*, 2002 ; Godfray *et al.*, 2010).

Aujourd'hui, environ 1 individu sur 8 souffre déjà de sous-alimentation chronique (FAO, IFAD, WTP, 2014), tandis que le diabète, l'obésité et autres troubles métaboliques ont atteint des proportions épidémiques mondiales (Nguyen et Lau, 2012).

En outre, l'âge médian de la population devrait également connaître une hausse progressive (31,1 en prévu en 2050 contre 26,6 en 2000) (Lutz *et al.*, 2008), entraînant vraisemblablement une augmentation de la prévalence des troubles lié à l'âge comme les maladies cardiovasculaires.

Dans ce contexte, l'alimentation apparaît comme une solution abordable pour lutter contre la faim, la malnutrition et la dégradation de la santé humaine. Afin de promouvoir la capacité du Quinoa à améliorer les moyens d'existence des diverses communautés à travers le monde, l'amélioration de l'accès et la prise de conscience de la valeur du quinoa pour la santé sont déterminantes.

Encore limitée à certaines zones, la production du Quinoa n'est pas en mesure de répondre à la demande croissante du monde entier. Une des stratégies est l'expansion de la culture du Quinoa dans les autres continents (Fig. 01), en particulier les régions d'Afrique et d'Asie où la production alimentaire est menacée par le changement climatique et la désertification. Une deuxième stratégie consiste en la diffusion des informations concernant la valeur du Quinoa sur la santé, les utilisations, la biodiversité et les méthodes de culture durables (Graf *et al.*, 2015).



Fig. 01 : Slogan de la campagne pour l'année internationale du quinoa (Herbillon, 2015).

Conscient de ces besoins, l'Assemblée générale des Nations Unies proclame 2013 « Année Internationale du Quinoa » en l'honneur des peuples andins qui ont su, par leur savoir-faire et leur mode de vie en harmonie avec la nature, sauvegarder et préserver cet aliment pour les générations présentes et futures (FAO, 2012, 2014). En faisant la promotion de ses qualités nutritionnelles, de ses bienfaits pour la santé et de sa capacité d'adaptation aux variations climatiques, l'ONU espère attirer l'attention du monde entier sur le rôle que pourrait jouer le Quinoa dans la lutte contre la faim et l'insécurité alimentaire. (Herbillon, 2015).

1.3. Distribution de Quinoa

Le Quinoa est réparti naturellement du nord de la Colombie au sud du Chili (Fuentes and Bhargava, 2011) sur une large gamme d'altitudes allant du niveau de la mer jusqu'à 4 000 m (González *et al.*, 2011).

1.3.1. Dans le monde

Le Quinoa occupe une superficie d'environ 99.313 ha dans le monde, et la production était de 78.025 tonnes en 2010. La Bolivie et le Pérou sont les principaux producteurs (Fig. 02). La Bolivie est le principal producteur du quinoa en terme de superficie, qui est de l'ordre de

63.010 ha avec une production d'environ 36.106 tonnes alors que le Pérou produit plus de 41.000 tonnes sur une superficie d'environ 35.313 ha (rendement plus élevé au Pérou) (FAO STAT 2010).

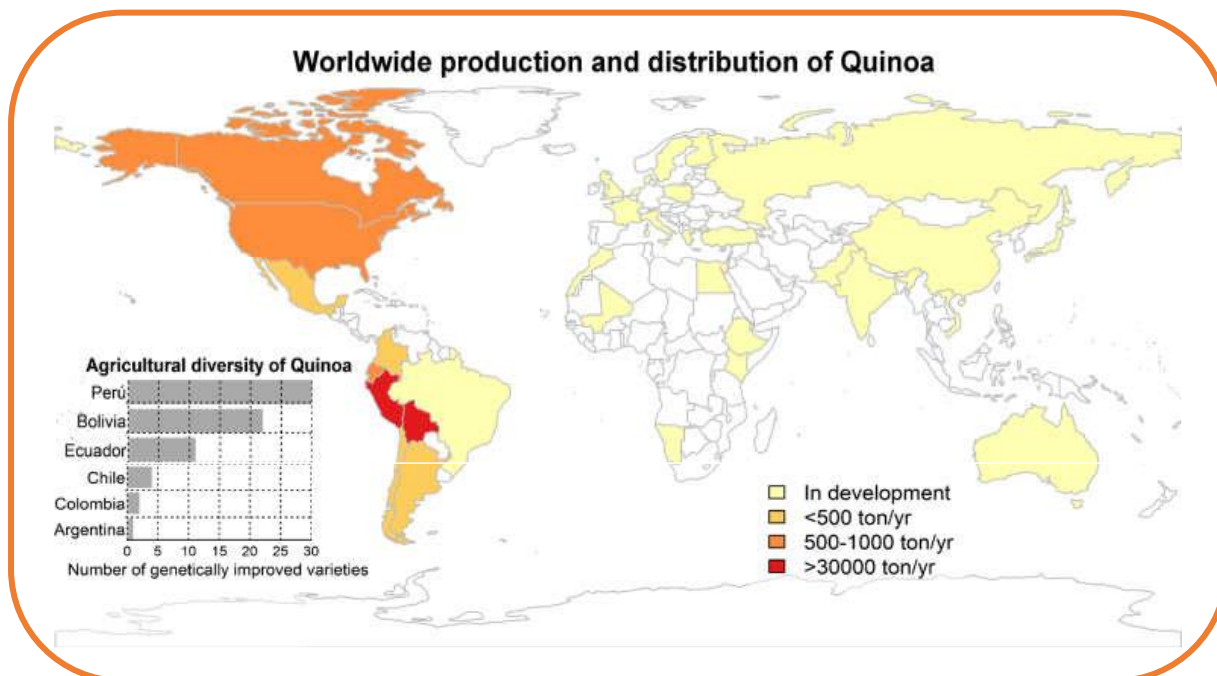


Fig. 02 : Répartition mondiale de la production de quinoa (FAO 2011).

1.3.2. En Algérie

L'introduction de la culture du Quinoa en Algérie s'est faite en 2014. Elle est cultivée à titre expérimental dans huit sites appartenant à quatre institutions ayant différentes caractéristiques agro-écologique. ITDAS, (Biskra et El-oued), INRAA, (Adrar et Ghilizane), ITGC, (Sétif, Tiaret et Guelma) et INRF (Alger).

Selon le rapport de la (FOA 2016), la culture du Quinoa en Algérie peut servir à ouvrir de grandes perspectives de développement. En effet, l'intérêt de cette plante réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrême (sécheresse, pauvreté des sols, salinité) lui conférant une grande efficacité dans la lutte contre la désertification tout en donnant des rendements acceptables (Izdihar et cheyma, 2020).

1.4. Classification du Quinoa

1.4.1. Classification morphologie

Les premières classifications du Quinoa prenaient en compte la couleur de la plante et des fruits, parfois même la forme du fruit ou le goût des grains. L'une des premières classifications a décrit quatre espèces de Quinoa : *Chenopodium album*, caractérisé par des grains doux ; *Chenopodium pallidus* aux grains amers ; *Chenopodium ruber* aux grains rouges et *Chenopodium nigrum* aux grains noirs (Tapia *et al.*, 1979 ; Dalila et Nourellhouda, 2019).

Wilson a décrit en détail la classification botanique des espèces de *Chenopodium* cultivées (Wilson, 1990). Le genre *Chenopodium* appartient à la famille des *Amaranthacées*, bien qu'ils appartiennent autrefois à la famille des *Chénopodiacées*. La révision phylogénétique a fusionné les *Amaranthacées* et *Chénopodiacées* sous le nom *Amaranthacées* (Groupe de phylogénie des angiospermes, 1998).

Les espèces de *Chenopodium* domestiquées sont classées en deux sous-sections : *Cellulata* et *Leiosperma*. *Leiosperma* comprend les espèces sud-américaines *cañihua* (*C. pallidum*) et les espèces eurasiennes. Les groupes *C. album*, *Quinoa* (*C. quinoa*) et *huazontle* (*C. berlandieri* subsp. *nuttalliae*) sont membres de la sous-section *Cellulata*. Surtout pour les scientifiques intéressés par l'amélioration du Quinoa, il y a un manque d'informations publiées sur la valeur génétique des espèces de *Chenopodium* apparentées. Un autre sérieux problème concerne la taxonomie de ce complexe genre; par exemple, *C. album* a été utilisé comme « réceptacle taxonomique pratique » (Wilson, 1980), bien que cette espèce puisse en fait former un complexe diploïdes, tétraploïdes et hexaploïdes. Il est à noter que quelques-uns des proches parents du Quinoa ont été domestiqués, de sorte qu'ils pourraient potentiellement être développés en cultivars productifs dans leur propre droit, soit comme légumes, soit comme cultures de semences. Celles-ci incluent *C. album* (poule grasse ou chénopode) en Eurasie, hexaploïde *C. giganteum* (khan ou bithua) dans les hautes terres d'Asie du Sud et de l'Est (Partapet *et al.*, 1998 ; Maughan *et al.*, 2007).

1.4.2. Classifications Scientifiques

Le Quinoa est une plante dicotylédone angiosperme de la famille des *Chenopodiaceae*. Depuis 2009, une nouvelle classification dite phylogénétique (APG III) range le Quinoa dans

la famille des *Amaranthaceae*, mais nous continuerons de nous référer à la classification de Cronquist (Tableau.01). (Herbillon, 2015).

Tableau.01: Classification scientifique de Quinoa

Classification de Cronquist (1981)	
Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Chenopodiaceae
Genre	Chenopodium

Classification APG III (2009)	
Ordre	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Nom binomial	
<i>Chenopodium Quinoa</i> Willd., 1798	

1.5. Les différentes variétés de Quinoa

Il existe plus de 1000 variétés de Quinoa (**Tapia, 2000**). Ces variétés peuvent être réparties en cinq groupes selon les adaptations morphologiques et physiologiques particulières qu'elles ont pu développer pour s'adapter à leur environnement (**Fig. 03**).

- Le premier groupe, est très différent des quatre autres, et se trouve à basse altitude et proche de la mer, dans un climat pluvieux (1000 à 1500 mm par an).
- Le deuxième groupe correspond aux Quinoas subtropicaux des vallées humides amazoniennes, entre 1500 et 2000 m d'altitude avec une pluviométrie de 1000 à 2000 mm.
- Le troisième se rencontre dans les vallées andines situées entre 2000 et 3500 m d'altitude et qui ont des précipitations modérées (500 à 1500 mm).
- Le quatrième contient les variétés « l'Altiplaniques », qui se développe entre 3800 et 4100 m d'altitude, aux alentours du Lac Titicaca ainsi que sur l'altiplano Nord et centre, avec des précipitations comprises entre 400 et 800 mm par an.
- Le dernier groupe contient les variétés proches des « salars », vastes déserts de sel du sud de l'Altiplano bolivien et de la frontière avec le Chili. Les précipitations annuelles dans la région, caractérisée pour un climat aride, sont en moyenne inférieures à 300 mm (**Rojas et al., 2010**).



Fig. 03 : Variétés du Quinoa (**Kassmiet et al., 2018**).

1.6. Descriptions du Quinoa

1.6.1. La morphologie de la plante du Quinoa

Le Quinoa appartient au genre *Chenopodium* et à la famille des *Chenopodiaceae* (Arendt et Zannini, 2013). Il est caractérisé comme un grain de pseudo-céréale, car il est défini comme une graine, ce qui le distingue de la plupart des autres grains de céréales comme le riz et le blé. La plante du Quinoa pousse jusqu'à atteindre une hauteur entre 1 et 3 mètres et est colorée en blanc, jaune et rouge brunâtre. Le fruit, la graine du Quinoa, est aplatie et a un diamètre de 1 à 3 mm. Une graine est produite à partir de chaque fleur. Les trois principales parties anatomiques du fruit sont le son, l'embryon et le périsperme. Le son et le périsperme représentent environ 48 % du poids de la graine et contiennent 22,9 % de protéines et 7,4 % de saponine sur une base sèche (Scanlin et Lewis, 2017 ; Luke Lundberg, 2019).

Le Quinoa est une plante annuelle de printemps, qui atteint une hauteur comprise entre 0,5 et 3 m, la hauteur la plus fréquente étant de 1 m à 1,5 m. Son degré de ramification est contrôlé par des facteurs génétiques et environnementaux. Les couleurs communes du Quinoa sont le vert, le violet et le rouge. Les plants verts peuvent devenir blancs, jaunes, oranges ou rouges à maturité, les violets peuvent devenir jaunes ou rester violets, et les rouges restent rouges tout au long du cycle (Jacobsen et Stølen, 1993; Houdhaifa et Halima, 2019).

Le Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) appartient à la dicotylédone herbacée, autogame, annuelle. Il est considéré comme une pseudo-céréale (Carmen Del et al., 2008 ; Gordillo-Bastidas et al., 2016).

Le Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) est une dicotylédone angiosperme halophyte ; c'est-à-dire qui ont la particularité de s'adapter aux milieux salés par divers mécanismes (Herbillon, 2015 ; Giusti, 1970). Dans des conditions optimales de température et d'humidité, les grains germent en une dizaine d'heures environ, et les cotylédons apparaissent généralement vers le 7^e jour après l'émergence (Del Castillo et al., 2008 ; Dalila et Noue Elhouda, 2019).

1.6.2. Caractères végétatifs

a. Les racines: Le système racinaire bien développé et fortement ramifié (**Fig.04**) protège le Quinoa contre les conditions de sécheresse et donne une bonne stabilité (**Bhargava et al., 2006**). La croissance de la partie racinaire est en rapport étroit avec celle de la partie aérienne, par exemple des plantes atteignant 1,70 m de hauteur ont développé des racines de 1,50 m, et d'autres de 90 cm de hauteur avec une racine de 80 cm (**Carmen Del et al., 2008 ; Herbillon, 2015**). En raison de l'absence d'une période de dormance des graines, la germination du Quinoa est extrêmement rapide, elle s'initie en seulement quelques heures en présence d'une humidité de sol adéquate. La radicule s'allonge en premier, puis continue de croître pour donner lieu à une racine pivotante pouvant atteindre 30 cm de profondeur et à partir de laquelle vont se développer des racines secondaires et tertiaires, desquelles se forment des radicelles pouvant également se ramifier. Ce système racinaire est très robuste, il peut soutenir des plantes de plus de 2 m de hauteur bien que de rares cas d'affaissement des plants aient pu être observés sous l'effet du vent, d'une humidité excessive ou du poids de leurs panicules. (**Houdhaifa et Halima, 2019**).

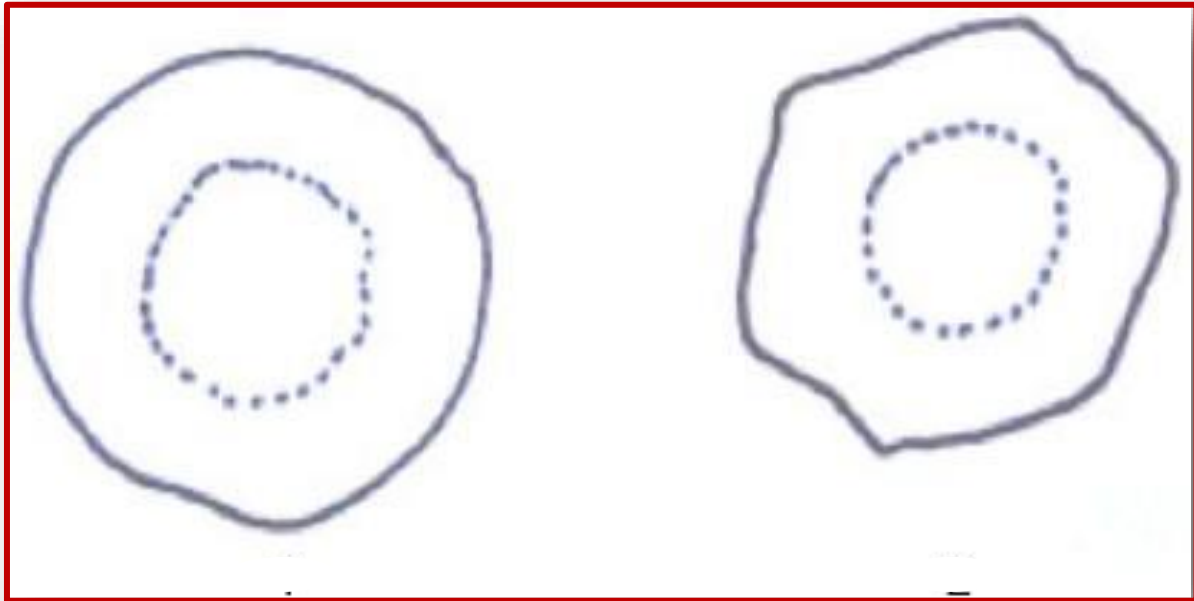


Fig. 04 : Système racinaire du Quinoa (**OUCIF.Z et al., 2018**).

b. La tige : La tige de Quinoa a une taille comprise entre 0.5 et 1.5 m selon la variété et les conditions de croissance (**Del Castillo *et al.*, 2008**). Une Coupe transversale dans le tiers inférieur de la plante au stade de maturité physiologique, montre que la tige principale présente deux formes, une forme cylindrique et une forme angulaire (**Fig. 05**)(**Biodiversité International et FAO, 2013 ; Zahia et Rima, 2019**). La tige est cylindrique, son diamètre varie entre 3 et 5 cm et sa hauteur entre 50 cm et 2 m, selon les variétés et les conditions de culture. Elle peut être unique ou bien présenter de nombreuses ramifications (**Herbillon, 2015 ; Gordillo-Bastidaset *al.*, 2016**).

Elle contient une moelle de texture tendre chez les jeunes plantes, devenant spongieuse et creuse à maturité, avec une écorce ferme et compacte. La couleur de la tige est également très variable. Elle peut être blanche ou jaune ou marron clair à rouge. (**Gordillo-Bastidaset *al.*, 2016**). La tige est cylindrique au niveau du collet puis devient plus anguleuse à partir des ramifications avec une position alterne des feuilles le long de chacune des quatre faces. Elle peut être unique ou bien présenter de nombreuses ramifications. Son diamètre varie entre 1 et 8 cm, et sa hauteur entre 50 cm et 2 m, selon les variétés et les conditions de culture comme la densité d'ensemencement ou la fertilisation (**Mujica *et al.*, 2001**).

La couleur de la tige est également très variable. Elle peut être uniformément verte, verte avec des aisselles colorées (surtout rouges), verte avec des stries violettes ou rouges, ou bien uniformément rouge. A l'intérieur de la tige, on trouve une moelle de couleur blanche à crème, de texture molle chez les jeunes plants puis devenant aérée et spongieuse à l'approche de la maturité. En revanche, le cortex est ferme et compact, constitué de tissus solides (**Gandarillas, 1979 ; Houdhaifa et Halima, 2019**).



1-Cylindrique

2-Angulaire

Fig. 05 : Forme de la tige principale (coupe transversal) (Bioversity international et FAO, 2013)

c. Les ramifications : Les branches naissent à l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales, allant de quelques centimètres jusqu'à une longueur équivalente à celle de la tige principale (Jacobsen et Stolen, 1993). Il existe des génotypes très ramifiés (quinoa des vallées), parfois même à partir de la base (quinoa du niveau de la mer), tandis que d'autres présentent une tige unique (quinoa des hautes plaines). Il existe également des génotypes intermédiaires (Mujica *et al.*, 2001).

D'un point de vue commercial, la ramification des plants est indésirable pour la production des graines du Quinoa ; c'est pourquoi dans le cadre d'une culture à grande échelle, l'ensemencement est effectué avec une densité ne laissant aucune opportunité aux plants de se ramifier. (Houdhaifaet Halima, 2019). Les branches sortent de l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales (Herbillon, 2015).

d. Les feuilles : Les feuilles présentent un polymorphisme, les feuilles inférieures sont grandes, rhomboïdales ou triangulaires ; tandis que les feuilles supérieures sont petites, lancéolées ou triangulaires (**Fig. 06**) (**Herbillon, 2015 ; Bhargavaet al., 2006**).

Les feuilles sont alternes et se composent d'un pétiole et d'un limbe. Les pétioles sont longs, fins et cannelés sur la face supérieure et de longueur variable au sein de la même plante. Le plus souvent, les limbes sont plans mais ils peuvent parfois être ondulés. Les feuilles inférieures sont grandes, jusqu'à 15cm, rhomboïdales (en forme de losange) ou triangulaires ; tandis que les feuilles supérieures sont petites, d'environ 10 mm, lancéolées ou triangulaires (**Mujicaet al., 2001**).

La couleur des feuilles varie en fonction des génotypes, elles sont généralement vertes lorsqu'elles sont jeunes puis elles virent au jaune, rouge ou violet. Ces couleurs sont le résultat de la présence de pigments végétaux appelés bétalaines qui sont de deux types : bétacyanines (rouge-violet) et bétaxanthines (jaune) (**Gallardoet al., 1996**). Les feuilles présentent des adaptations morphologiques variées qui les aident à résister à la sécheresse pendant la croissance, parmi lesquelles une cuticule cireuse, des stomates protégés par un épiderme épaissi et des papilles sur les deux faces (**Jacobsen et Stolen, 1993**).

Ces papilles, grâce à leur forte teneur en oxalate de calcium, fonctionnent comme des agents hygroscopiques. Cela signifie qu'elles sont capables de capter l'humidité atmosphérique nocturne, de contrôler l'évapotranspiration excessive mais également de réfléchir les rayons solaires, empêchant ainsi le phénomène de réchauffement des feuilles (**Mujicaet al., 2001 ; Herbillon, 2015**).

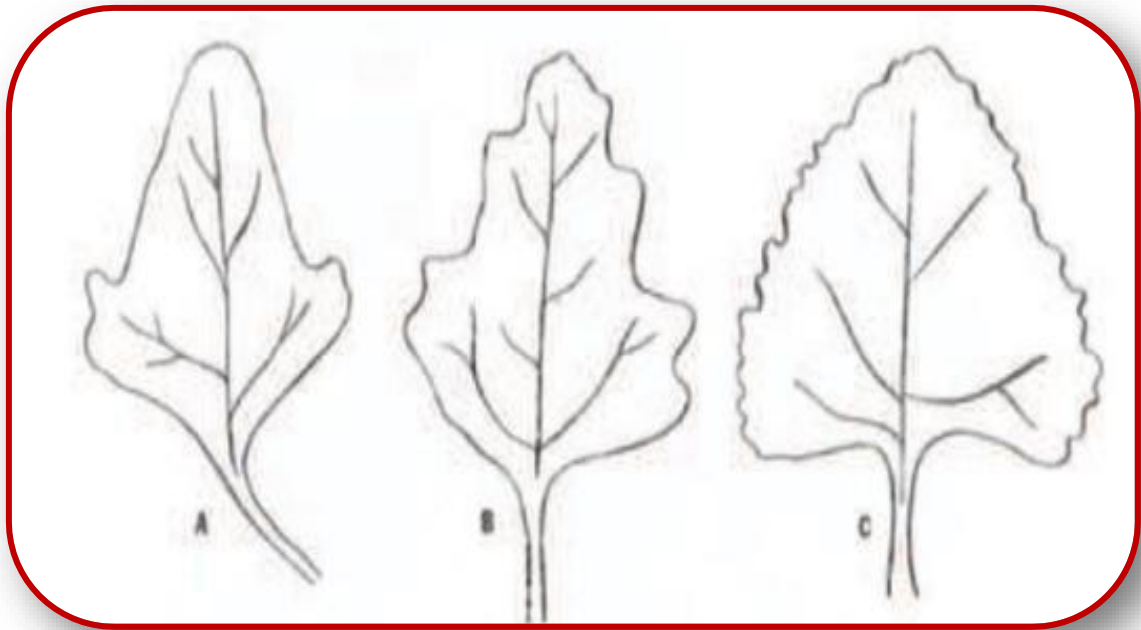


Fig. 06 : Forme des feuilles (Herbillon, 2015).

1.6.3. Caractère floraux

a. L'inflorescence : C'est une panicule typique, composée d'un axe central et de branches secondaires, tertiaires et pédicelles qui retiennent les glomérules. L'axe principal est plus développé que l'axe secondaire, il peut être relâché (amarantiforme) ou compact (glomérule), avec des formes intermédiaires entre eux. La longueur de la panicule est variable, en fonction du génotype, du type de Quinoa, de l'endroit où il se développe et des conditions de fertilité du sol, atteignant 30 à 80 cm de long et 5 à 30 cm de diamètre. Le nombre de glomérules par panicule varie de 80 à 120 et le nombre de graines par panicule de 100 à 3 000 (Fig. 07), certaines grandes panicules produisant jusqu'à 500 grammes de graines par inflorescence (Vidal *et al.*, 2015).

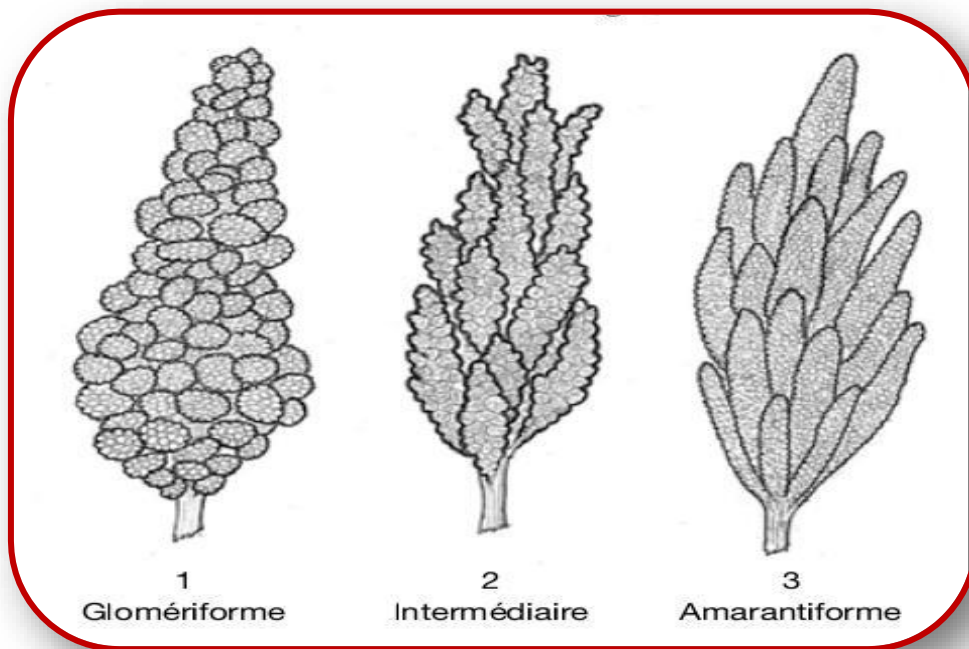


Fig. 07 : Formes de la panicule (Bioversity international.org)

b. Les fleurs : Les Quinoa ont des fleurs incomplètes, ils n'ont pas de pétales (apétales), très petites (3 mm au maximum) (Carmen Del *et al.*, 2008). Une caractéristique importante du Quinoa est la présence de fleurs hermaphrodites et de fleurs femelles unisexuées. Les hermaphrodites localisées à l'extrémité proximale, sont constituées d'un périgone sépaloïdes (cinq sépales), d'un gynécée (ou pistil) avec un ovaire ellipsoïdal et deux ou trois stigmates entourées par l'androcée, lui-même composé de cinq étamines recourbées et courtes, tandis que la fleur femelle se compose seulement d'un périgone et d'un gynécée (Fig. 08) (Herbillon, 2015 ; Bhargava *et al.*, 2006).

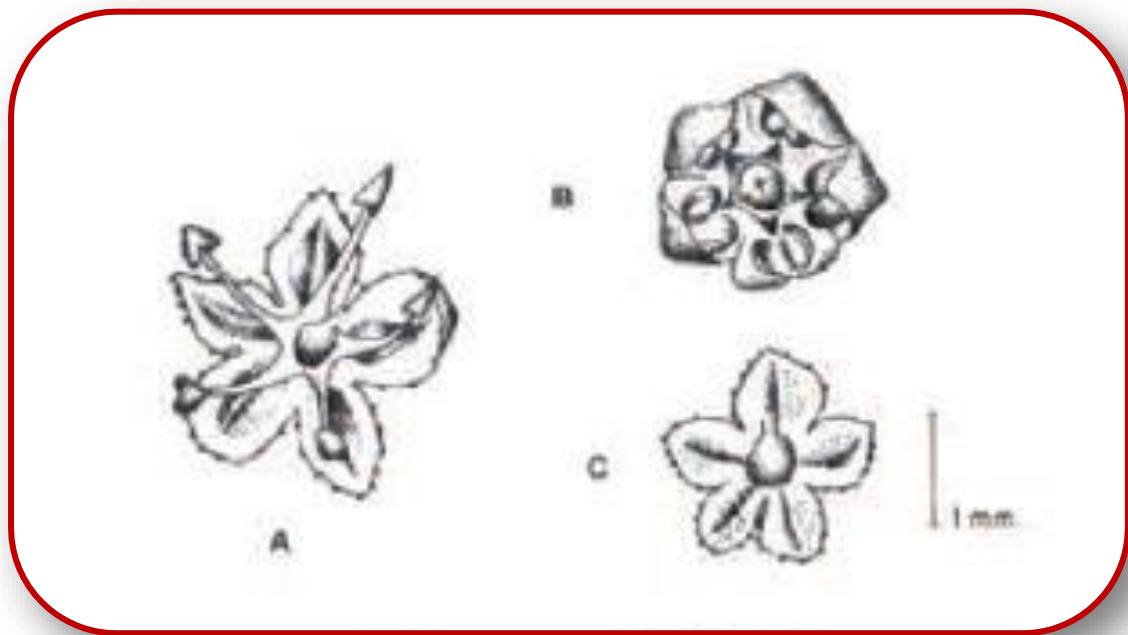


Fig. 08: Fleurs hermaphrodites et femelles de Quinoa.

A) Fleur hermaphrodite en période d'anthèse; B) Fleur hermaphrodite avant l'anthèse.

C) Fleur femelle (**Herbillon, 2015**).

c. Les fruits et les graines : Le fruit est un akène comprenant plusieurs couches, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur : péricarpe, épisperme et périsperme. Chaque fruit contient une seule graine dont la couleur, la forme et la taille sont variables (**Risi et Galwey, 1984**). Il existe trois formes de graines : conique, cylindrique et ellipsoïdale ; qui pourraient être réparties dans trois catégories de taille : grande taille (2,2 à 2,6 mm), taille moyenne (1,8 à 2,1 mm) et petite taille (< 1,8 mm) (**Quispeet al., 1976**). Les différentes couleurs du péricarpe, du périsperme et de l'épisperme (**Tableau 3**) sont la raison pour laquelle l'inflorescence du Quinoa présente autant de couleurs variées (**Gandarillas, 1979**).

Tableau 2:Colorations dans le fruit du Quinoa (**Herbillon, 2015**)

Périgone	Péricarpe	Episperme
Vert	Translucide	Translucide
Rouge	Blanc sale	Blanc
Pourpre	Blanc opaque	Café
	Jaune clair	Brun foncé
	Jaune intense	Marron noir
	Orange	Noir brillant
	Rosâtre	
	Rouge vermillon	
	Cerise	
	Café	
	Gris	
	Negro	

Le périgone se détache facilement à maturation, par lavage ou par frottement à l'état sec bien que, dans certains cas, il peut rester attaché à la graine même après battage. Dans la région ventrale de l'akène, on observe une cicatrice, le hile, qui correspond à l'insertion du fruit dans le réceptacle floral (**Gandarillas, 1979 ;Mujicaet al., 2001**).

Le péricarpe du fruit adhère à la graine et est éliminé par décorticage abrasif avant la consommation. Juste en dessous du péricarpe, l'épisperme entoure la graine en formant une membrane très mince.

L'embryon, se constitue de deux cotylédons et de la radicule, se localise en périphérie de la graine et enveloppe le péricarpe comme un anneau. Il peut constituer jusqu'à 60% du poids de la graine et représente 30% du volume total de la graine (**Valencia-Chamorro, 2003**).

Le péricarpe est le principal tissu de stockage des graines de Quinoa et représente pratiquement 60% de la superficie de la graine (**Mujicaet al., 2001**).

d. La saponine : Les saponines constituent un groupe de composés glycosidiques naturels largement distribués dans le règne végétal. Ces composés ont en commun la propriété d'être soluble dans l'eau et de former des solutions moussantes après agitation, Leur nom provient d'une plante appelée saponaire (**Saponariaofficinalis L.**). Dont la racine a largement été utilisée depuis des siècles comme savon, Les plantes contenant des saponines sont ainsi recherchées pour une utilisation dans les produits ménagers (**Bruneton, 2009**).

Les saponines sont tout d'abord des métabolites secondaires dont la fonction première est de protéger la plante des agressions naturelles en s'accumulant dans les régions les plus exposées à l'attaque des champignons, des insectes ou des oiseaux. Elles ont ainsi été détectées dans toutes les parties de la plante de Quinoa, les feuilles, les fleurs, les fruits, et l'enveloppe des graines.

Elles sont malheureusement responsables du goût amer caractéristique des graines de Quinoa et sont considérées comme toxiques en grandes quantités. Avant consommation, les graines doivent donc subir un traitement d'élimination de l'enveloppe dans laquelle les saponines sont particulièrement concentrées.

Leur concentration dans les graines varie selon la variété : pour le Quinoa, on parle de variétés « normales » ou « amères » pour les plus concentrées en saponines, et de variétés « douces » avec des teneurs en saponines environ 50 fois inférieure à la normale. Le contenu en saponines dans les graines des génotypes doux varie de 0,2 à 0,4 g/kg ; contre 4,7 à 11,3 g/kg pour les génotypes amers (**Mastebroek et al., 2000**).

1.7. Exigences de la plante du quinoa

Les végétaux comme les animaux ont des exigences spécifiques qui définissent leurs aires géographiques de répartition (**Bachir, 2000**).

1.7.1. Les exigences climatiques

Les végétaux comme les animaux ont des exigences spécifiques qui définissent leurs aires géographiques de répartition (**Bachir, 2000**).

a. La température : La température optimale pour le développement du quinoa comprise entre +4°C et 35°C, la plante devient sensible à la basse température (moins de 0°C) aux stades 2 feuilles et 6 feuilles ainsi à la haute température (+35°C) au stade floraison. (Kabalan et Beridi, 2016).

b. L'eau : Selon la zone agro-écologique et le génotype aux quels la plante appartient, le Précipitation varie de 250 mm dans zone des salines de Bolivie à 1500 mm dans les vallées inter andines. Bien que le quinoa fasse preuve d'une forte résistance aux périodes de sécheresse, elle exige une humidité suffisante au début de la culture (FAO, 1994).

Alors les autorités boliviennes placent le quinoa parmi les 21 cultures les plus résistantes au changement climatique (Pedersen et Tingvoll, 2013).

Le Quinoa a besoin d'un tiers de ce qu'exige le blé en eau (ITDAS, 2017).

c. L'éclairement : Il existe des variétés de jours courts, jours long ou insensibles pour le photopériodisme (Chiaraet al., 2013).

1.7.2. Les exigences agrolologiques

Le Quinoa est une plante de différents climats; désertique; chaud et sec, froid et sec, tempéré à haut taux d'humidité: il existe des variétés qui s'adapte à chaque climat (Chiaraet al., 2013).

a. Le sol : Les sols préférés pour la culture du quinoa sont les sols légers bien drainés riche en matière organique, mais la plante peut se développer dans des sols pauvres et salins avec un PH compris entre 4.8 et 8.5 (Yazar, 2014). Le quinoa préfère les sols sableux (Moore, 2017).

b. Les éléments fertilisants : Selon ITDAS les éléments fertilisants sont apportés comme suit :

❖ L'azote 10kg pour 500m² soit 02 q/ha fractionné en trois apports :

- * Au stade des deux feuilles vraies
- * Au stade ramification
- * Au stade grain laiteux.

- ❖ **Phosphore** (TSP) 10 kg pour 500 m² soit 02 q/ha
- ❖ **Potassium** (sulfate de potassium) 05 kg pour 500 m² soit 01 q/ha (ITDAS, 2014).

1.8. Cycle de vie de Quinoa

Selon A Vega-Gálvez le cycle de culture peut prendre 08 mois (240 jours) sur les hauts Andine, mais il peut prendre 04 mois (120 jours) dans les zones arides de Chili (Vega-Gálvez *et al.*, 2010).

Il existe des variétés précoces (100 à 120 jours), semi-précoces (150 à 160 jours) et tardives (180 à 200 jours) 15 Plante annuelle à cycle court de 90 à 120 jours de croissance. Il faut compter entre 160 et 180 jours entre l'ensemencement et la récolte (Fig. 10)(Kabalane et Beridi, 2016).

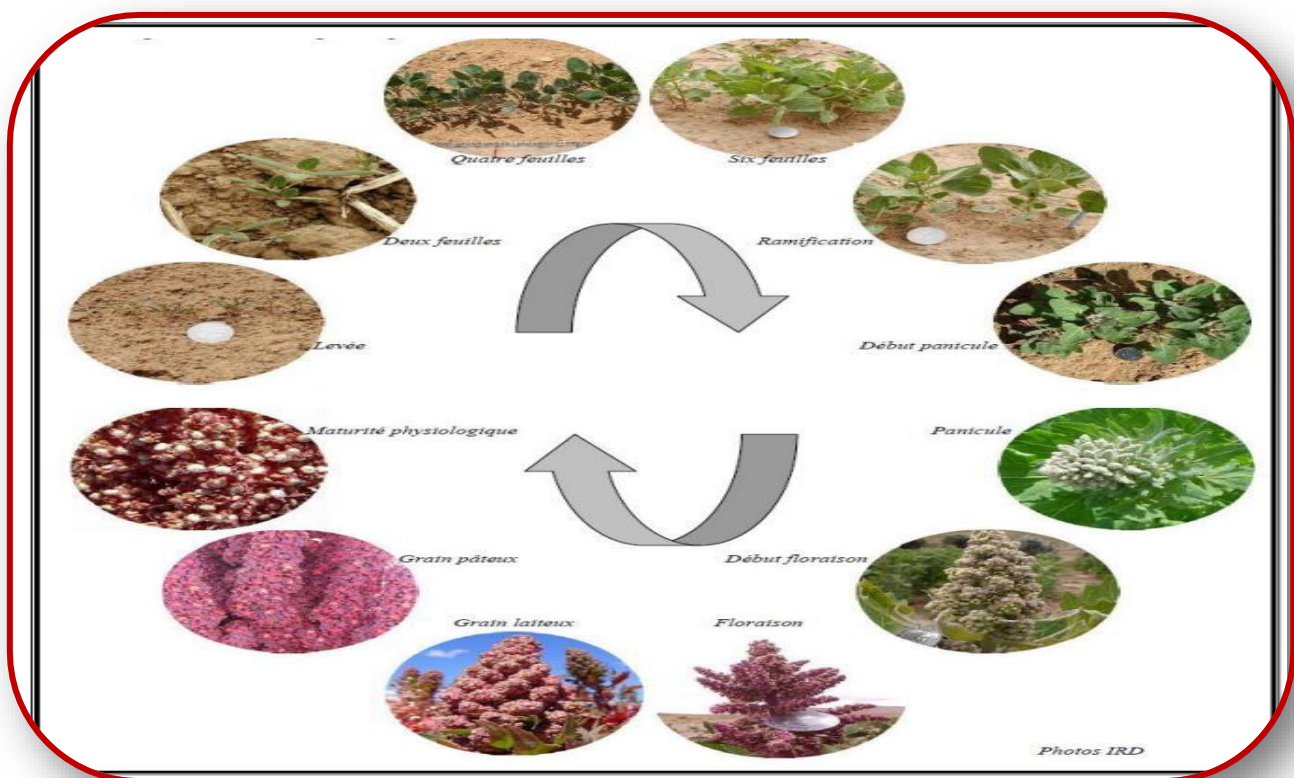
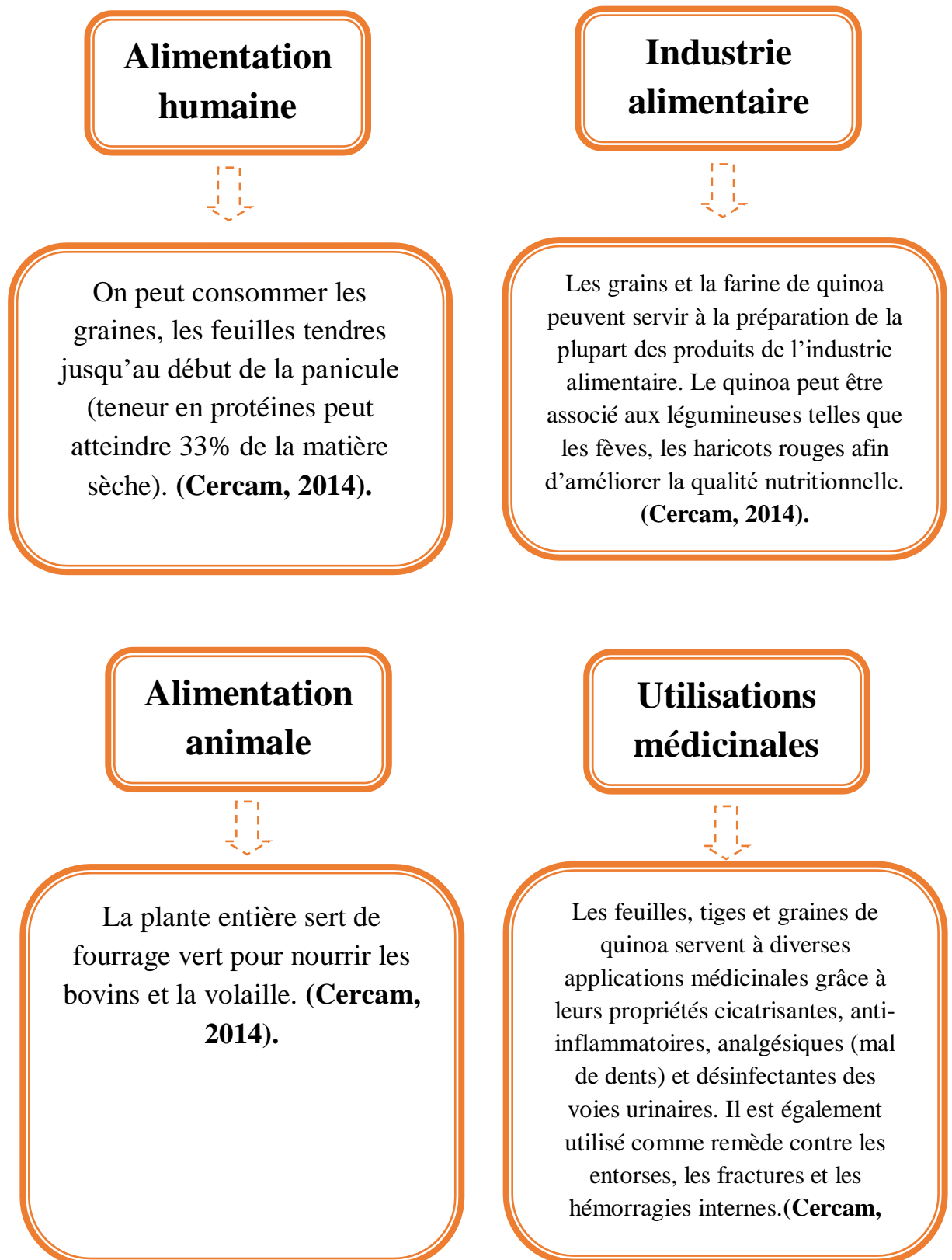


Fig.10 : Phases phénologiques du quinoa (Lebonvallet, 2008).

1.9. L'utilisation de Quinoa

Les principales utilisations du Quinoa peuvent être résumées comme suit (Sara et Rabeih, 2019). :



2. Généralité de la salinité

2.1. Le stress

Le terme stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant (**Levitt, 1980 ; Ben Kaddour, 2014**). Le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement des dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Dutuit *et al.*, 1994 ; Ben Kaddour, 2014**).

Donc on peut dire que le stress c'est toute pression exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Certains physiologistes qui étudient les stress estiment que ce concept est trop restrictif, parce qu'il suscite des questions sur les mécanismes adaptatifs qui permettent la croissance de plantes dans des environnements qui pourraient être considérés comme stressants. Par ailleurs, la réponse des plantes dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (**Hopkins, 2003**).

2.2. Les différents types du stress

2.2.1. Stress hydrique

Le terme de stress hydrique fait référence aux zones qui souffrent de pénurie d'eau en raison d'un manque, de fluctuation ou de retard de pluie. D'après Henin) 1976 (la présence d'un stress hydrique peut être observée à travers le déficit hydrique enregistré au niveau des tissus végétaux, ce qui affecte négativement le rendement. L'apparition d'un stress hydrique sur une courte période entraîne un arrêt temporaire de la croissance suivi d'une diminution de la sévérité de la photosynthèse (**Begg et Turner, 1981**).

Une exposition prolongée au stress hydrique fait que la plante souffre de perturbations dans diverses fonctions physiologiques entraînant un retard de croissance complet (**Deraissac, 1992**).

Ce genre de stress est une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation des cultures, il en résulte alors une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. Le stress hydrique constitue un problème majeur dans beaucoup d'environnements arides et semi arides où les précipitations changent d'une année à l'autre, et où les plantes se trouvent dans des périodes longues de déficit hydrique (**Foudili et Gasmi, 2017**).

2.2.2. Le stress thermique

Les températures extrêmes provoquent un stress thermique ça veut dire le stress thermique est lié à la température. Le stress thermique est causé par des températures qui peuvent être hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles engendrent des dégâts irréversibles sur le développement et le fonctionnement des plantes. Il peut être déclenché soit par : (Amrouche et Mesbah, 2017).

- Les températures basses ou élevées du jour ou de nuit.
- L'air chaud ou froid.
- Les températures élevées du sol.

2.2.3. Le stress salin

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique. Une abondance de sels dissous s'observe bien sûr en milieu marin, mais aussi dans beaucoup de milieux terrestres (**Ben Hebireche et Djafour, 2011**).

a. Définition de la salinité

La salinité est l'un des stress abiotiques les plus sévères qui atteignent la productivité des plantes en causant de graves dommages, dans certains cas elle peut conduire à leur perte (**Bourizq, 2019**).

La salinisation est l'accumulation des sels dans les sols à des niveaux toxiques pour la plupart des plantes car les sels dissous dépassent leurs niveaux naturels dans le sol (**Azzam, 1977**).

La salinité est un excès d'ions, en particulier les ions sodium et chlore (**Hopkinz et al., 2003**). La salinité est l'un des stress abiotiques les plus importants qui limitent la croissance et le développement des plantes (**Munns et Tester, 2008**).

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} sous forme de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées.

En effet, la salinité touche actuellement 6% de la superficie terrestre et 20% de la superficie totale des terres arables, ce qui correspond à 800 millions d'hectares. De ce fait, elle constitue une grave menace sur la sécurité alimentaire mondiale. Par ailleurs, 50% des terres arables mondiales seraient affectées par le sel en 2050. Ainsi, la salinité atteint la structure du sol et peut causer la réduction de la biodiversité, ce qui conduit à la transformation de la matière organique et la disponibilité des éléments nutritifs, pour qu'à la fin, une terre fertile devienne une terre non productive. Effectivement, les sols salins produisent 50% en moins de ce que les sols normaux. En revanche, les techniques de sélection génétique peuvent être bénéfiques dans l'amélioration des cultures face à ce type de stress (**Bourizq, 2019**).

b. Types de salinité

En général on distingue deux formes de salinité: **Primaire** et **secondaire** :

- **La salinité primaire** : résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans.
- **La salinité secondaire** : est d'origine anthropique, résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels (**Munns et al., 2006**).

c. Effet de la salinité

La germination est un processus très important dans le cycle de développement de la plante, elle favorise l'installation de cette dernière et sa productivité ultérieure. En l'occurrence, c'est le stade le plus sensible à la salinité. Cette dernière diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif. L'intensité de cet effet néfaste dépend de l'espèce ainsi que du degré de stress salin (**Tahraoui, 2016**).

L'effet dépressif de la salinité sur la germination du blé peut être de nature (**Boumdouha et Krim, 2019**).

- ❖ **Osmotique** : la salinité inhibe l'absorption de l'eau, la mobilisation des réserves et leur transport vers l'embryon.
- ❖ **Toxique** : la salinité provoque une accumulation cellulaire de sels ce qui va perturber les enzymes en relation avec la physiologie des graines en germination, empêchant la levée de dormance des embryons, diminuant ainsi la capacité de germination. Par ailleurs, les halophytes contiennent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, mais leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au stade germinatif, c'est pour cela que la germination est considérée comme une étape déterminante pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés (**Tahraoui, 2016**).

d. Mécanismes de tolérance

Les mécanismes de tolérance à la salinité se déroulent à différents niveaux chez les plantes. En effet, le contrôle de l'absorption, du transport, et du stockage du sel se déroule dans les vacuoles, à l'échelle de la plante entière, ou encore dans les organes les moins sensibles (**Chamekh, 2010**). Maughan et ses équipes ont indiqué que le Quinoa montre également une grande capacité à tolérer la salinité. Plusieurs mécanismes sont utilisés pour atteindre cette résistance (**Maughan et al., 2009**).

Selon Jacobsen, cette plante a augmenté sa demande de potassium en cas de stress salin dans un souci de neutralisation de l'osmose (**Jacobsen et al., 2000**). Shabala et son équipe ont confirmé que les cultivars de cannabis cultivés (400 Mm de NaCl) ont doublé la teneur en potassium par rapport à des conditions non salines

Les mêmes chercheurs ont également souligné que pour le Quinoa, la diminution de charge peut être compensée par l'accumulation d'ions (Shabala *et al.*, 2013).

e. Effets de la salinité

❖ **Effets de la salinité sur les plantes :** La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol.

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

❖ **Effet de la salinité sur la germination :** La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sels (Guterman, 1993 in Karoune, 2016). La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard 2001). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar 1978 et Kabar 1987 ; Bouchoukh 2010).

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

- **Les effets osmotiques** : se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination.
- **Les effets toxiques** : sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (**Rejiliet al., 2006 ;Karoune, 2016**).

❖ **L'effet de la germination sur le Quinoa** : Chez les plantes halophytes et bien qu'elles possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (**Belkhodja and Bidai 2004**). En effet, plusieurs études ont montrées que même les halophytes (quinoa) sont particulièrement sensible au sel pendant les stades de la graine germination et émergence des plantules (**Ungar 1996 ;Khan and Abdullah 2003 ; Debez, et al., 2004**).

3. Généralités sur l'acide salicylique

3.1. Définition de l'acide salicylique

Les régulateurs de croissance des plantes sont des produits naturels et lorsqu'ils sont fabriqués chimiquement, ils sont appelés hormones végétales (**kaya et al, 2009**). Selon la nature de l'effet, les organisations sont divisées en deux groupes : les organisations activatrices et les organisations déprimantes. Les naturels sont produits par des plantes naturellement et les industriels qui peuvent être fabriqués pour donner le même effet que les premiers (**Samiha et Ghani, 2006**).

L'acide salicylique est l'une des organisations végétales que les recherches récentes ont abordées avec la recherche et l'étude de son rôle dans de nombreux processus physiologiques chez les plantes. L'acide salicylique est l'un des régulateurs végétaux qui ont une nature phénolique et qui régulent de nombreux processus physiologiques, notamment l'induction des fleurs, la régulation de l'absorption d'ions, l'équilibre hormonal et le mouvement des stomates (**Abdulwahidet al., 2011**).

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

3.2. Histoire de l'acide salicylique

L'acide salicylique est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé, à partir de l'écorce de saule, le glucoside d'alcool salicylique (salicine). Le nom de l'acide salicylique (AS) a été donné par Raffaele Piria en 1838. La première production commerciale d'AS synthétique a débuté en 1874 en Allemagne. Son dérivé l'acide acétylsalicylique a été introduit sous le nom commercial d'aspirine en 1898 (**Raskin, 1992**).

La production de l'acide salicylique lors de l'établissement de la résistance systémique chez le concombre et le tabac, beaucoup d'efforts ont été déployés pour élucider le rôle de cette molécule dans cette résistance (**Métraux *et al.*, 1990; Raskin, 1992 ; Delaney *et al.*, 1994**).

Le développement de la SAR (résistance systémique acquise) est encore mal connu, mais l'une des composantes de la voie de signalisation serait l'acide salicylique. L'acide salicylique (acide 2-hydroxybenzoïque) est un métabolite secondaire naturel possédant des propriétés analgésiques. Les indiens d'Amérique et les Eurasiens l'utilisaient depuis longtemps les écorces de saule (*Salix* sp.) qui est la source du glycoside de l'acide salicylique, la salicine, pour soulager leurs maux et leurs douleurs (**Hopkins, 2003 ; Hayat, 2019**).

3.3. Les propriétés physico-chimiques

L'acide salicylique (acide o-hydroxybenzoïque ($C_7H_6O_3$) $M_m=138.12g/mol$), point de fusion $195^\circ C$, point d'ébullition $211^\circ C$ à 2666 Pa, $P_{Ka}=3.01$, est un métabolite secondaire qui appartient aux composés phénolique naturellement synthétisés par certains végétaux. Elle est modérément soluble dans l'eau mais hautement soluble dans des solvants polaires organiques (**Tableau 3**) (**Hamsas, 2013**).

Tableau 3 : Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g/l).

Ether éthylrique	Alcool	Eau à $20^\circ C$	Chlorofo rme	Benzèn e	Eau à $100^\circ C$
2.1	2.2	14.5	62	118	458

Cet acide est présent en abondance dans l'écorce et les feuilles de saule *Salix alba*, notamment, dans les fruits, sous forme estérifiée de salicylique de méthyle (**Heller, 1998 ; Yalpaniet *al.*, 1991**). La structure de l'acide salicylique est représentée sur la (**Fig.11**)

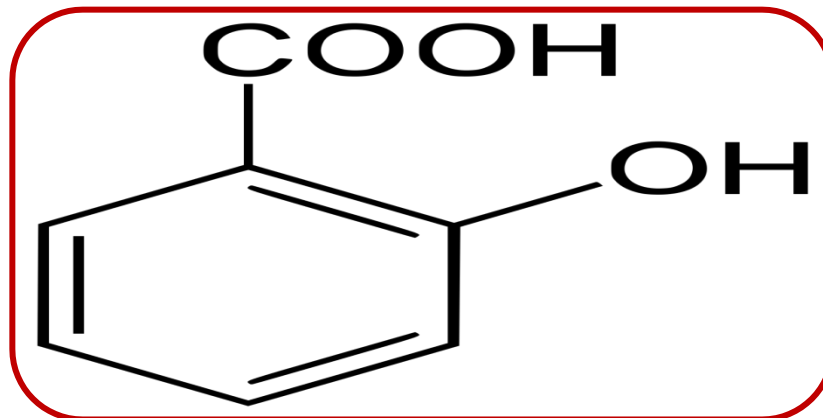


Fig. 11:Formule de l'acide salicylique (Hayet, 2019)

3.4. Biosynthèse de l'acide salicylique

L'acide salicylique résulte de la β -oxydation et de l'hydroxylation de l'acide transcinnamique, un dérivé de la phénylalanine. Le passage de la phénylalanine à l'acide trans-cinnamique est une désamination catalysée par la phénylalanine-ammoniac lyase (PAL). Deux autres réactions: hydroxylation par une monooxygénase à cytochrome P450, β -oxydation, interviennent ensuite, sous deux modalités différentes selon les matériels, pour donner l'acide salicylique (Fig 12)(Heller *et al.*, 2000).

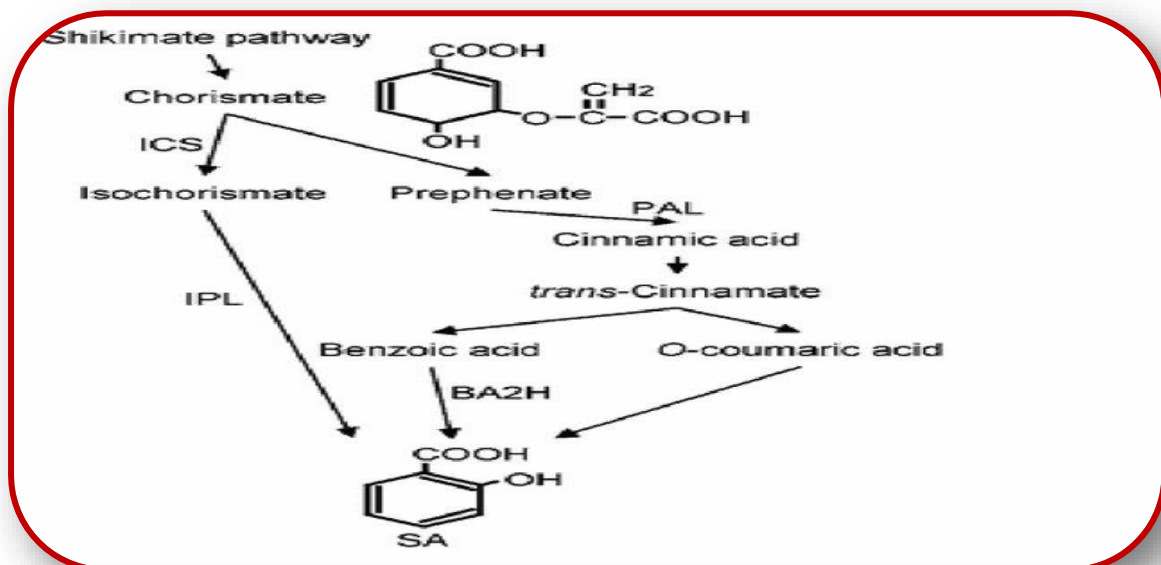


Fig. 12 : Biosynthèse de l'Acide Salicylique dans la plante (PAL : Phénylalanine Ammonia Lyase) (Yalpani et Raskin, 1993).

3.5. Le Rôle de l'acide salicylique

❖ **Dans les mécanismes de défense de la plante :** Parmi tous les composés phénoliques pouvant être impliqués dans la résistance des végétaux parasites, l'acide salicylique peut être présent sous plusieurs formes dans la plante : d'abord l'acide lui-même, plus ou moins dissocié selon le PH du milieu, ensuite sous forme d'un β -glucoside qui est probablement une forme de stockage, enfin le salicylique de méthyle qui pourrait être un signal volatil relâché dans l'air ambiant. Bien qu'il puisse intervenir directement, aux mêmes titres que les autres composés phénoliques, dans la résistance des plants aux micro-organismes, l'acide salicylique joue simultanément un rôle important comme messenger intracellulaire déclenchant l'induction de l'ensemble des mécanismes qui permettent à la plante de se défendre vis-à-vis (cas du tabac) des champignons ou des bactéries (**Kunkel et Brooks, 2002**).

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

L'acide salicylique joue un rôle primaire pour induire l'expression de nombreux gènes, qu'il s'agisse ou non de gènes du métabolisme phénolique. La conséquence en est l'activation des systèmes de défense de la plante, se traduisant par l'accumulation de composés phénoliques et la mise en place des protéines PR (**Delaney et al., 1994 ; Ryals et al., 1996**).

❖ **Dans les mécanismes de la germination de la plante :** L'acide salicylique a été trouvé pour jouer un rôle clé dans la régulation de la croissance des plantes, développement, l'interaction avec d'autres organismes et dans les réponses au divers stress environnementaux (**Raskin, 1992 a,b; Yalapaniet al., 1994 ; Senarataet al., 2000**). Son rôle est évident dans la germination des graines (**Klessig et Malamy., 1994**).

3.6. Relation entre l'acide salicylique avec la salinité

La corrélation observée entre la concentration d'acide salicylique (**FAO, 1994**) Cultures marginalisées. Une autre perspective. Production végétale et protection des plantes, et la résistance de la plante laisse supposer aux auteurs que l'acide salicylique est une molécule de

signal commune à la plante, et responsable d'inciter sa tolérance à un certain nombre de stress biotiques et abiotiques (Nicole *et al.*, 1998). L'application externe d'acide salicylique affecte un large éventail de processus physiologiques sous conditions, Il a été prouvé dans de nombreuses études que l'acide salicylique participe à la régulation de nombreuses voies métaboliques et physiologiques, mais son mécanisme d'action n'est pas encore clair et fait toujours l'objet d'étude en l'ajoutant à l'irrigation ou pulvérisation foliaire, l'acide salicylique joue dans certaines plantes, et sous différentes conditions climatiques. Le rôle de la signalisation moléculaire pour induire la résistance ou la tolérance des plantes au stress salin (Shakirova *et al.*, 2003).

A présent, un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'AS à produire des effets protecteurs sous faction des facteurs de différentes natures de stress abiotique. Ainsi, L'application appropriée de l'AS peut fournir une protection contre plusieurs contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Mais une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi améliore la capacité anti oxydative des plantes et stimule là synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux Stress abiotiques (Hara *et al.*, 2012).

3.7. Mode d'action de l'acide salicylique

Les mécanismes moléculaires par lesquels l'acide salicylique agit sur l'induction des gènes de résistance ont pu être en partie appréhendés grâce à l'utilisation d'analogues fonctionnels, en particulier l'acide 2,6- dichloroisonicotinique qui mine son action comme messenger intracellulaire. L'acide salicylique apparait donc comme un signal qui est l'origine d'une cascade de transduction intracellulaire aboutissant à l'expression de nombreux gènes (Klessiget *et al.*, 2000).

L'acide salicylique pourrait agir en régulant la teneur en eau oxygénée cellulaire et pariétale. Cette hypothèse qui en vogue en milieu des 1990, découlait du fait que l'acide salicylique est capable de se lier à la catalase, en inhibant alors l'activité de cette enzyme qui dégrade normalement l'eau oxygénée dans la cellule d'où une activation des mécanismes de défense (induction des gènes, activation des peroxydases permettant la rigidification de la paroi cellulaire par réticulation des protéines de la paroi ou par néoformation de la lignine), à l'inverse d'autre expliquent qu'il semblerait que l'augmentation initial de l'eau oxygénée soit le facteur primaire qui stimule la biosynthèse de l'acide salicylique. Néanmoins, et quelque soit

le mécanisme, l'acide salicylique joue donc un rôle de premier plan dans la résistance de la plante. **(ES Sbihi, 2015).**

Mais selon Kunkel ; dans la plupart des cas étudiés, la présence d'acide salicylique reste indispensable aux endroits où s'exprime la SAR, qu'il provienne du transport phloémien ou d'une biosynthèse directe au niveau de ces organes cibles. Par opposition, certains exemples montrent cependant l'existence de voies de transduction indépendantes de l'acide salicylique, dans lesquelles l'éthylène et l'acide jasmonique joueraient le rôle essentiel pour l'expression des mécanismes biochimiques de résistance **(Kunkelet al., 2002 ; Pieterseet al., 1999).**



CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

1. Le but de l'expérience

L'objectif du travail c'est de tester l'interaction entre le NaCl et l'acide salicylique sur la germination des graines de quinoa de quatre variétés introduites. Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de chlorures de sodium (NaCl) pour préciser l'étendue de leur sensibilité à la salinité durant cette période, ainsi la conclusion de leur efficacité végétative en mesurant le pourcentage de germination (GP%), Vitesse de germination (GR%), indice de stress germinatif (GSI), longueur de tige (LC), longueur de racine (LR), afin de déterminer la capacité de l'acide salicylique à éliminer l'effet négatif de la salinité.

2. Matériels végétales

- L'expérimentation est menée sur quatre variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa willd*).
- Ces variétés sont : V1, V2, V3, V4 (Fig. 13).



Fig. 13 : Les différentes variétés du Quinoa utilisées dans l'expérience

- **Origine** : Bolivie.
- **Les essais ont été menés** au laboratoire 13, Faculté de la science et vie université Frère Mentouri.

3. Matériel expérimental

Tableau 4: Le matériel utilisé dans la présente expérimentation.

Matériel de laboratoire	Matériel végétale	Verreries	Réactifs
- Boîtes de pétri - Spatules - Pincettes - Papier absorbant - Agitateur - Barreau magnétique - Balance analytique - capsules	- quatre variétés de quinoa : v1 V2 V3 V4	- Bécher (250 ml) - Tubes à essai	- Eau distillée - NaCl - acide salicylique - eau de javel

4. Mise en place de l'expérimentation et dispositif expérimental

Chaque Variété à été traitée avec une concentration différente de NaCl (S0, S1, S2, S3) et une seule concentration d'acide salicylique de (0,65g/l), Tous ces traitements ont été répétés en trois fois Cette expérience contenait $(3 \times 4 \times 4 \times 2) = 96$ unités expérimentales; Les deux tableaux suivants montrent les paramètres utilisés dans l'expérience :

*

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODES

Tableau 5 : Les paramètres salins et de l'acide salicylique utilisés

Paramètre de salinité	Code	Concentration (g/l)
L'eau	S0	0
NaCl	S1	3
NaCl	S2	7
NaCl	S3	10
Acide salicylique	C0	0
	C1	0.069

Tableau 6 : Répartition des coefficients et niveaux

		C0				C1			
		S0	S1	S2	S3	S0	S1	S2	S3
V1	R1	S0 C0 V1R1	S1 C0 V1 R1	S2 C0 V1 R1	S3 C0 V1 R1	S0 C1 V1R1	S1 C1 V1 R1	S2 C1 V1 R1	S3 C1 V1 R1
	R2	S0 C0 V1R2	S1 C0 V1 R2	S2 C0 V1 R2	S3 C0 V1 R2	S0 C1 V1R2	S1 C1 V1 R2	S2 C1 V1 R2	S3 C1 V1 R2
	R3	S0 C0 V1 R3	S1 C0 V1 R3	S2 C0 V1 R3	S3 C0 V1 R3	S0 C1 V1 R3	S1 C1 V1 R3	S2 C1 V1 R3	S3 C1 V1 R3
V2	R1	S0 C0 V2 R1	S1 C0 V2 R1	S2 C0 V2 R1	S3 C0 V2 R1	S0 C1 V2 R1	S1 C1 V2 R1	S2 C1 V2 R1	S3 C1 V2 R1
	R2	S0 C0 V2 R2	S1 C0 V2 R2	S2 C0 V2 R2	S3 C0 V2 R2	S0 C1 V2 R2	S1 C1 V2 R2	S2 C1 V2 R2	S3 C1 V2 R2
	R3	S0 C0 V2 R3	S1 C0 V2 R3	S2 C0 V2 R3	S3 C0 V2 R3	S0 C1 V2 R3	S1 C1 V2 R3	S2 C1 V2 R3	S3 C1 V2 R3
V3	R1	S0 C0 V3 R1	S1 C0 V3 R1	S2 C0 V3 R1	S3 C0 V3 R1	S0 C1 V3 R1	S1 C1 V3 R1	S2 C1 V3 R1	S3 C1 V3 R1
	R2	S0 C0 V3 R2	S1 C0 V3 R2	S2 C0 V3 R2	S3 C0 V3 R2	S0 C1 V3 R2	S1 C1 V3 R2	S2 C1 V3 R2	S3 C1 V3 R2
	R3	S0 C0 V3 R3	S1 C0 V3 R3	S2 C0 V3 R3	S3 C0 V3 R3	S0 C1 V3 R3	S1 C1 V3 R3	S2 C1 V3 R3	S3 C1 V3 R3
V4	R1	S0 C0 V4 R1	S1 C0 V4 R1	S2 C0 V4 R1	S3 C0 V4 R1	S0 C1 V4 R1	S1 C1 V4 R1	S2 C1 V4 R1	S3 C1 V4 R1
	R2	S0 C0 V4 R2	S1 C0 V4 R2	S2 C0 V4 R2	S3 C0 V4 R2	S0 C1 V4 R2	S1 C1 V4 R2	S2 C1 V4 R2	S3 C1 V4 R2

5. Exécution de l'expérience

Trois répétitions de chaque variété de quinoa ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri. Ces graines ont été stérilisées dans de l'eau de javel diluée à (2%) pendant 15 minutes, puis bien lavées avec de l'eau distillée.

Les grains ont été séparés en deux groupes,

* Le premier groupe a été traité par l'acide salicylique (imbibé) pendant 24h.

* Le deuxième groupe non traité par l'acide salicylique.

Les graines de chaque variété ont été placées dans des boîtes de Pétri à raison de 20 graines par boîte.

Les coefficients de salinité sont ajoutés comme suit :

- Les 3 premiers jours, ajouter à S1 et S2, S3 5 ml d'une concentration de 3 g/l de NaCl.
- Les 3 jours suivants on ajoute à S2 et S3 5 ml à une concentration de 7 g/l de NaCl.
- Au bout d'une semaine, ajouter à S3, 5 ml de concentration 10 g/l de NaCl.

6. Les paramètres étudiés

6.1. Les mesures étudiées sur graines germées

6.1.1. Taux de germination GP% : Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines mises à germer (**Mrani Alaoui et al., 2013**).

Le pourcentage de germination durant cette période a été calculé selon la méthode de Mahmoud. (**Mahmoud, 2004**).

$$\text{Taux de germination GP \%} = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre total de graines}} * 100$$

6.1.2. Vitesse de germination GR% : C'est le temps moyen nécessaire à la germination de 50 % des graines. Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine (**Benidire et al., 2015**). La vitesse de germination peut s'exprimer par :

$$\text{Vitesse de germination GR\%} = \frac{(A1*J1) + (A2*J2) + (A3*J3) + \dots}{\text{tauxdegerminationGP}} * 100$$

A1 : Le nombre de graines germées du premier jour / J1 : le premier jour

A2 : le nombre des grains germés du deuxième jour / J2 : deuxième jour

6.1.3. indicateur de stress de germination GSI%

$$\text{GSI} = \frac{P_{\text{idesgriensstressées}}}{P_{\text{idesgrienscontrolées}}} * 100$$

PI : indicateur de promotion

PI : promotion index = $nd_8 (0.25) + nd_6 (0.5) + nd_4 (0.75) + nd_2 (1)$

Pourcentage de graines observées aux jours 2, 4, 6 et 8 (nd_2, nd_4, nd_6, nd_8).

6.1.4. Cinétique de la germination : Il s'agit de calculer chaque jour la vitesse de germination sous les différentes concentrations de salinité. Elle est exprimée par le nombre de graines germées à 7 jours après le début de l'expérience. C'est un paramètre qui permet de mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des variétés étudiées. Ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la racicule (**Benidire et al., 2015**).

❖ **longueur de racine (LR) :** Cette étude a été menée à la fin du stade de germination pour connaître l'effet de la salinité sur la longueur des racines de chaque espèce séparément, et le processus de mesure a été effectué à l'aide d'une règle graduée.

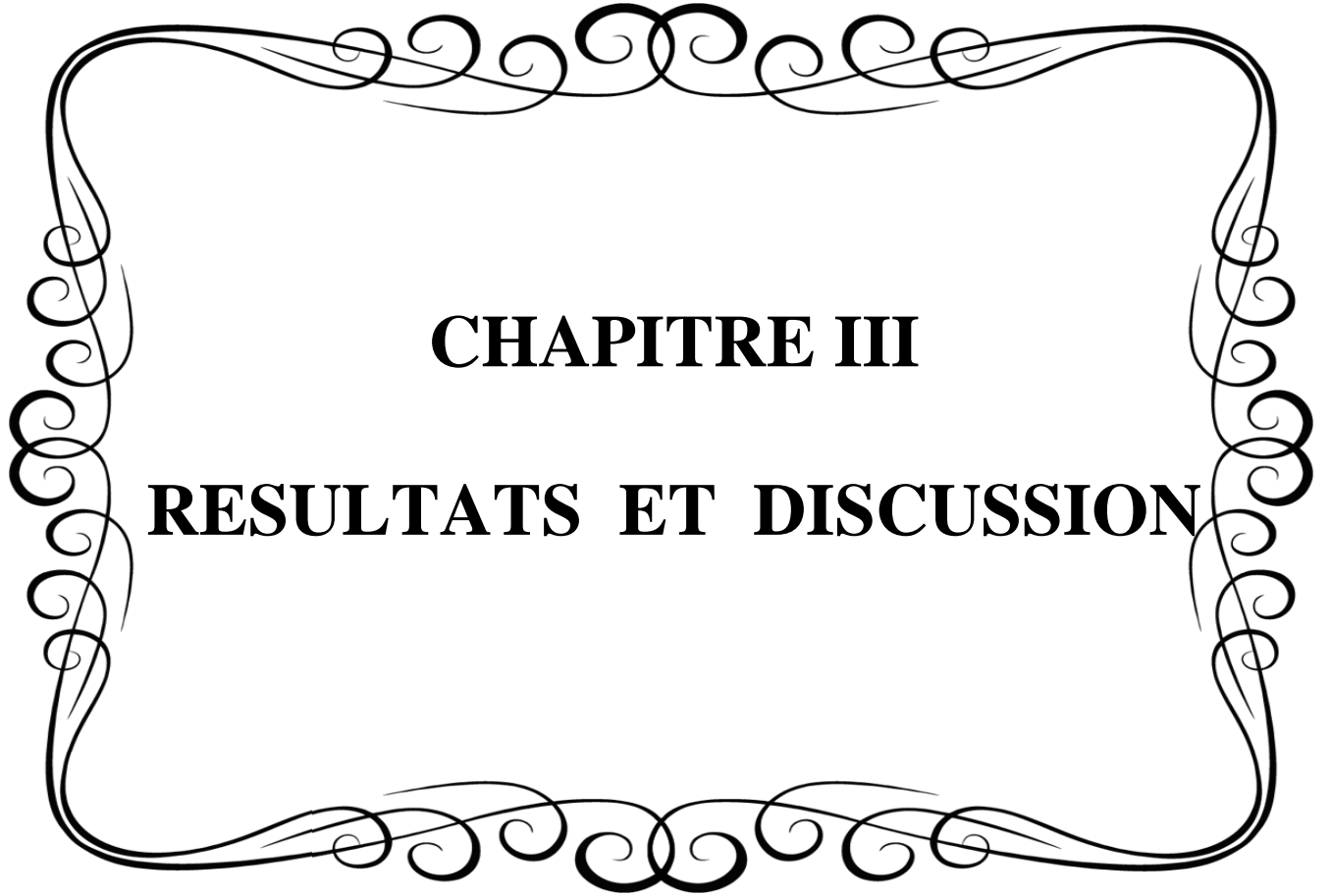
❖ **Longueur de la tige (LT) :** Cette étude a été menée à la fin du stade de germination pour connaître l'effet de la salinité sur la longueur de la tige pour chaque espèce séparément, et le processus de mesure a été effectué à l'aide d'une règle graduée.

6.2. Les études statistiques appliquées

Le but de cette étude statistique est de déterminer la meilleure variable et montrer l'effet des traitements à l'acide salicylique sur la suppression de l'action nocive pour la salinité sur la germination des cultivars étudiés, une analyse statistique qualitative a été appliquée, représentée par la suite de l'analyse des composés Modèle (ACP).

À partir de ça, on a trouvé des corrélations positives et négatives entre les variables estimées sur le taux de germination GP%, vitesse de germination (GR%), indice de stress germinatif (GSI), longueur de la tige (LC), longueur des racines (LR).

L'analyse statistique qualitative consiste à suivre l'analyse de variance (ANOVA) pour déterminer la significativité à travers la variable la plus représentative SPSS stat. édition, 2016). (Nabti et Ayachi 2020).



CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Présentation des résultats

1.1. Taux de germination (GP%)

Le taux de germination, en conditions de stress salin et l'acide salicylique, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées.

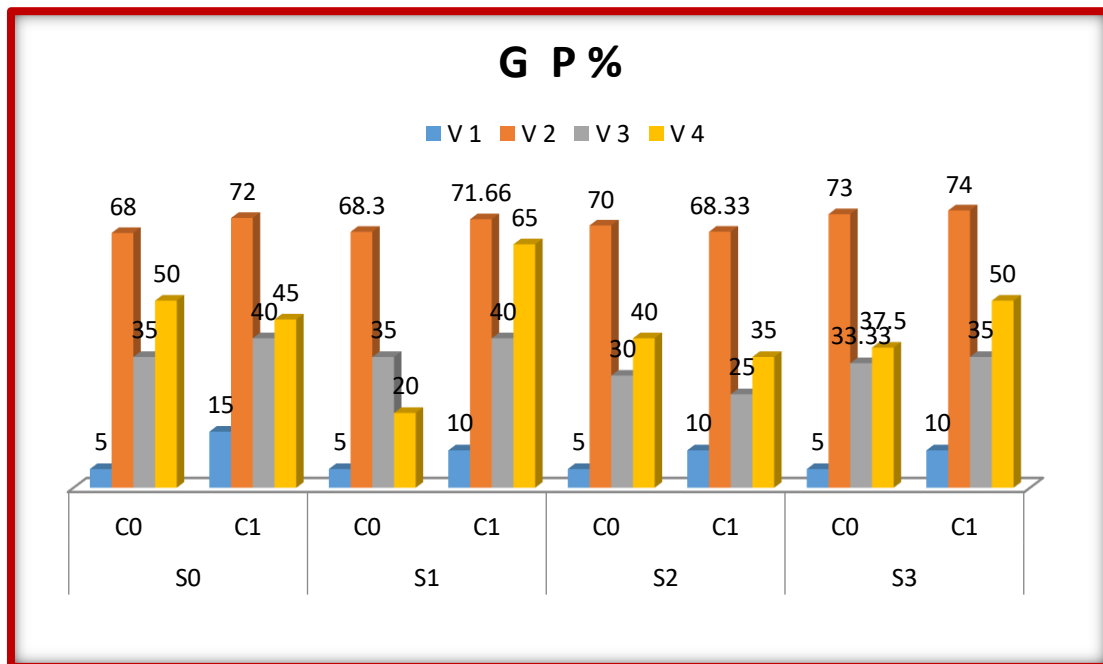


Fig. 14 : Le taux de germination (GP%) des différentes variétés du quinoa en fonction des concentrations de salinité sous l'effet de l'acide salicylique.

Nous remarquons dans la **Fig. 14** que le pourcentage de germination sous stress salin dans la variété 2 varie entre 68% et 74%, il est supérieur au témoin et aux autres variétés V3 et V4 avec ou sans acide salicylique contrairement à la variété 1 où le taux de germination n'a pas dépassé 15% avec ou sans acide salicylique par rapport au témoin.

Afin de ressortir les différences significatives de l'effet des différents niveaux du stress salin appliqués sur l'ensemble des variétés de quinoa choisies, on a adopté un dispositif expérimental factoriel à randomisation totale à trois facteurs dont :

- **Facteur 1 :** l'effet variétal avec 4 modalités à savoir : V1, V2, V3, V4.
- **Facteur 2 :** l'effet de stress salin avec 4 niveaux à savoir : 0g/l, 3g/l, 7g/l, 10 g/l NaCl.

- **Facteur 3:** l'effet variétal avec 2 niveaux à savoir 0g/l/ 0.67g/l d'AS

L'analyse de l'ANOVA avec un seuil de probabilité d'erreur $\alpha=0.05$. Cette analyse montre qu'il y a un effet hautement significatif des trois facteurs sur le taux de germination **tableau 7**.

Tableau 7 : Analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs contrôlés du taux de germination.

Analyse de la variance :					
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	9	86,6786	9,6310	9,6310	< 0,0001
Erreur	18	18,0000	1,0000		
Total corrigé	27	104,6786			

1.2. Vitesse de germination (GR%)

La vitesse de germination, en conditions de stress salin et l'acide salicylique, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés.

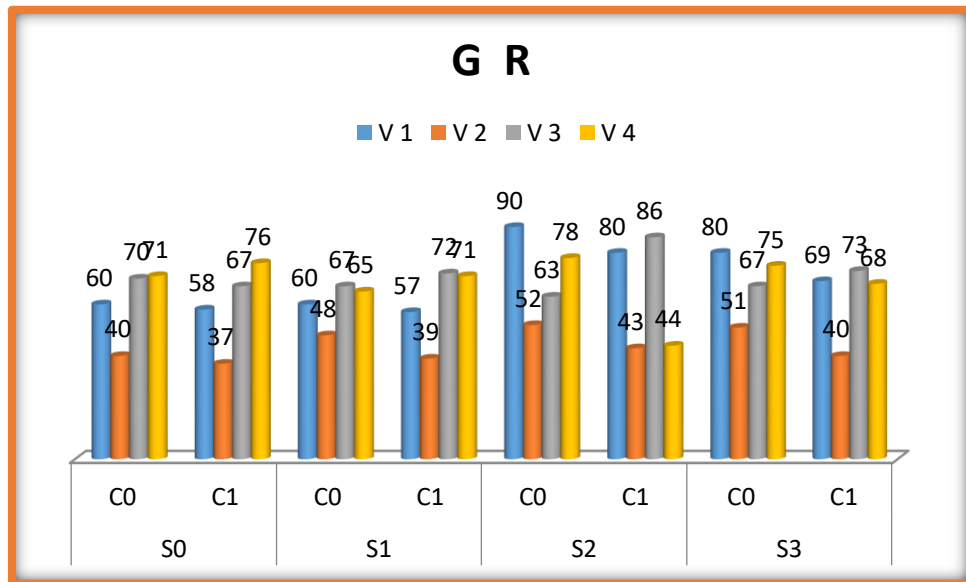


Fig. 15: Présente la vitesse de germination (GR%) des différentes variétés de quinoa sous différentes concentrations de salinité sous l'effet de l'acide salicylique.

Dans cette figure 15 on remarque que la vitesse de germination de la variété 1 sous stress salin est plus élevée par rapport aux autres variétés, atteignant 60-80% en absence d'acide salicylique, par contre sa présence a diminué la vitesse de germination pour atteindre entre 58% et 80%, contrairement à la variété 2, où la vitesse de germination est la plus basse, entre 40% et 50% en absence d'acide salicylique, et se réduit en sa présence entre 37% et 43%.

L'analyse ANOVA avec un seuil de probabilité d'erreur $\alpha=0.05$. Cette analyse montre qu'il y a un effet hautement significatif des trois facteurs sur le taux de germination (Tableau 8).

Tableau 8 : Analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs contrôlés de la vitesse de germination GR%

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	9	86,6786	9,6310	9,6310	< 0,0001
Erreur	18	18,0000	1,0000		
Total corrigé	27	104,6786			

1.3. L'indice de stress germinatif (GSI%)

Les résultats montrent l'effet de la salinité et de l'acide salicylique sur l'indice de stress germinatif dans chacune variété.

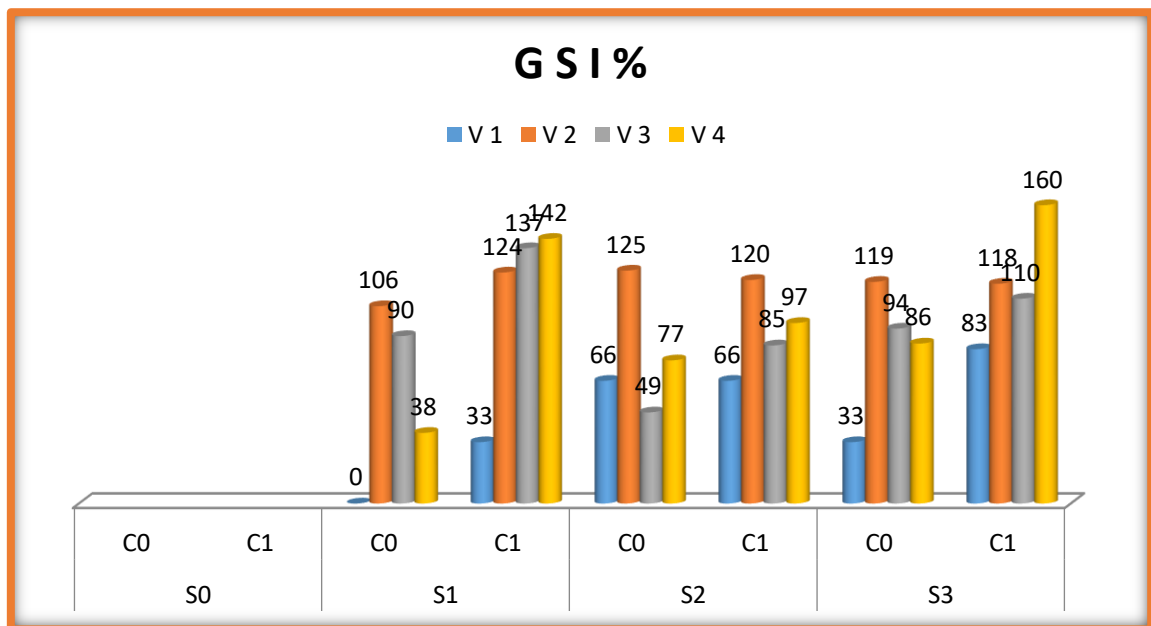


Fig. 16 : L'indice de stress germinatif (GSI%) des différentes variétés de quinoa sous différentes concentrations de salinité sous l'effet de l'acide salicylique.

L'analyse de l'ANOVA avec un seuil de probabilité d'erreur $\alpha=0.05$. On a montré qu'il y a un effet hautement significatif des trois facteurs sur le taux de germination **Tableau 9**.

Tableau 9 : Analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs contrôlés de l'indice de germination GSI%

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	9	86,6786	9,6310	9,6310	< 0,0001
Erreur	18	18,0000	1,0000		
Total corrigé	27	104,6786			

La **Fig. 16** montre que l'indice de stress germinatif sous stress salin (sans acide salicylique) dans la variété 2 il varie entre 106% et 125% se qui est supérieur au témoin et aux autres variétés V3 et V4 contrairement à la variété 1 qui a le taux d'indice le plus bas entre 33% et 66%.

Avec l'acide salicylique, on constate que la variété 4 a l'indice de germination le plus élevé se situant entre 97% 142% par rapport au témoin et autre variété.

1.4. Cinétique de la germination

1.4.1. longueur de racine (LR)

Les différents niveaux de salinité ont été tracés en fonction du temps les courbes de l'évolution de germination des quatre variétés étudiées du quinoa, sont illustrant dans la Fig.17. Les résultats montrent que les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées (stressées) sont situées au-dessous de celles des courbes témoins et diminuent jusqu'à se rapprocher du zéro au fur et à mesure que la dose de NaCl augmente.

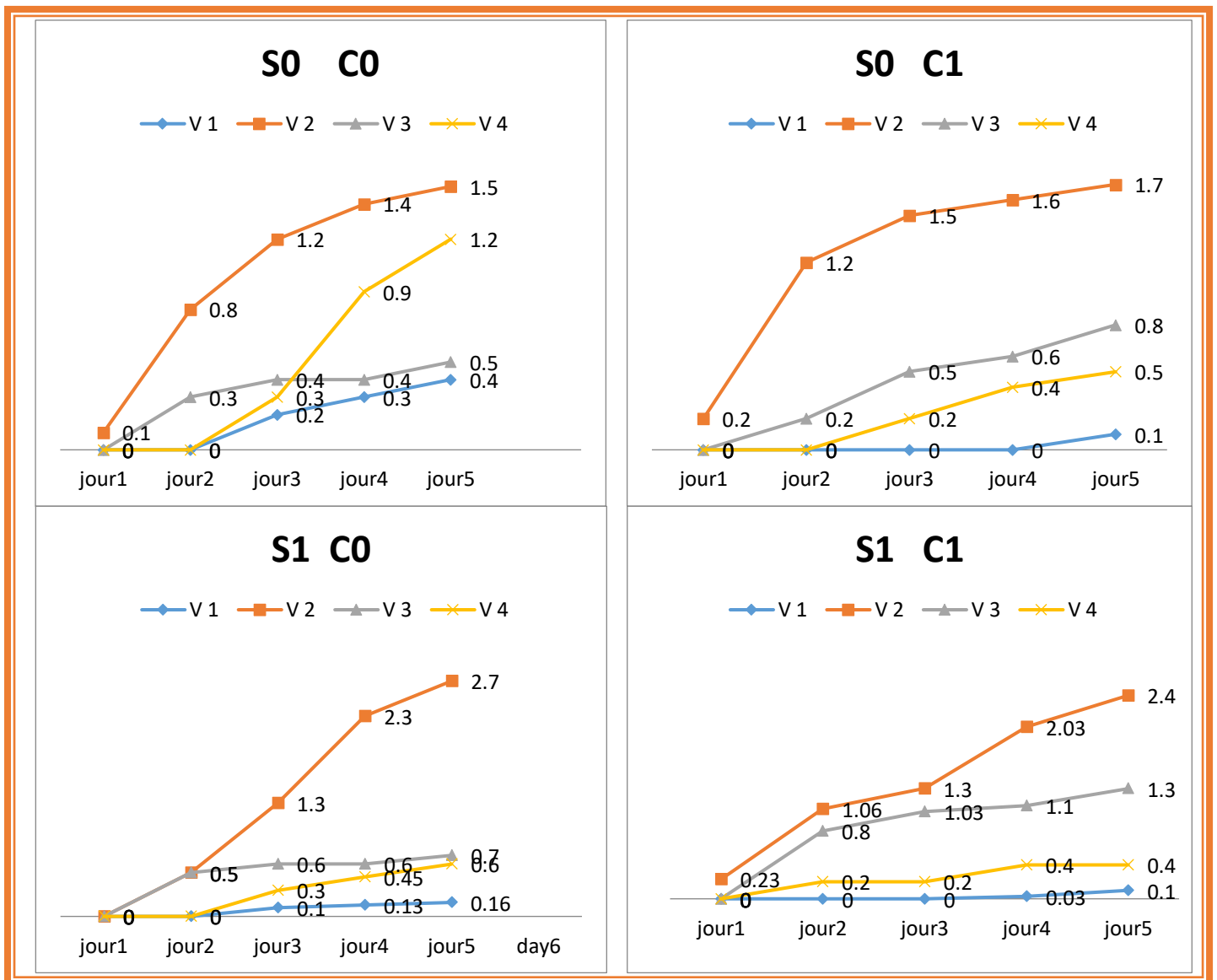


Fig. 17 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la racine (LR %) de germination des quatre variétés de Quinoa étudiée.

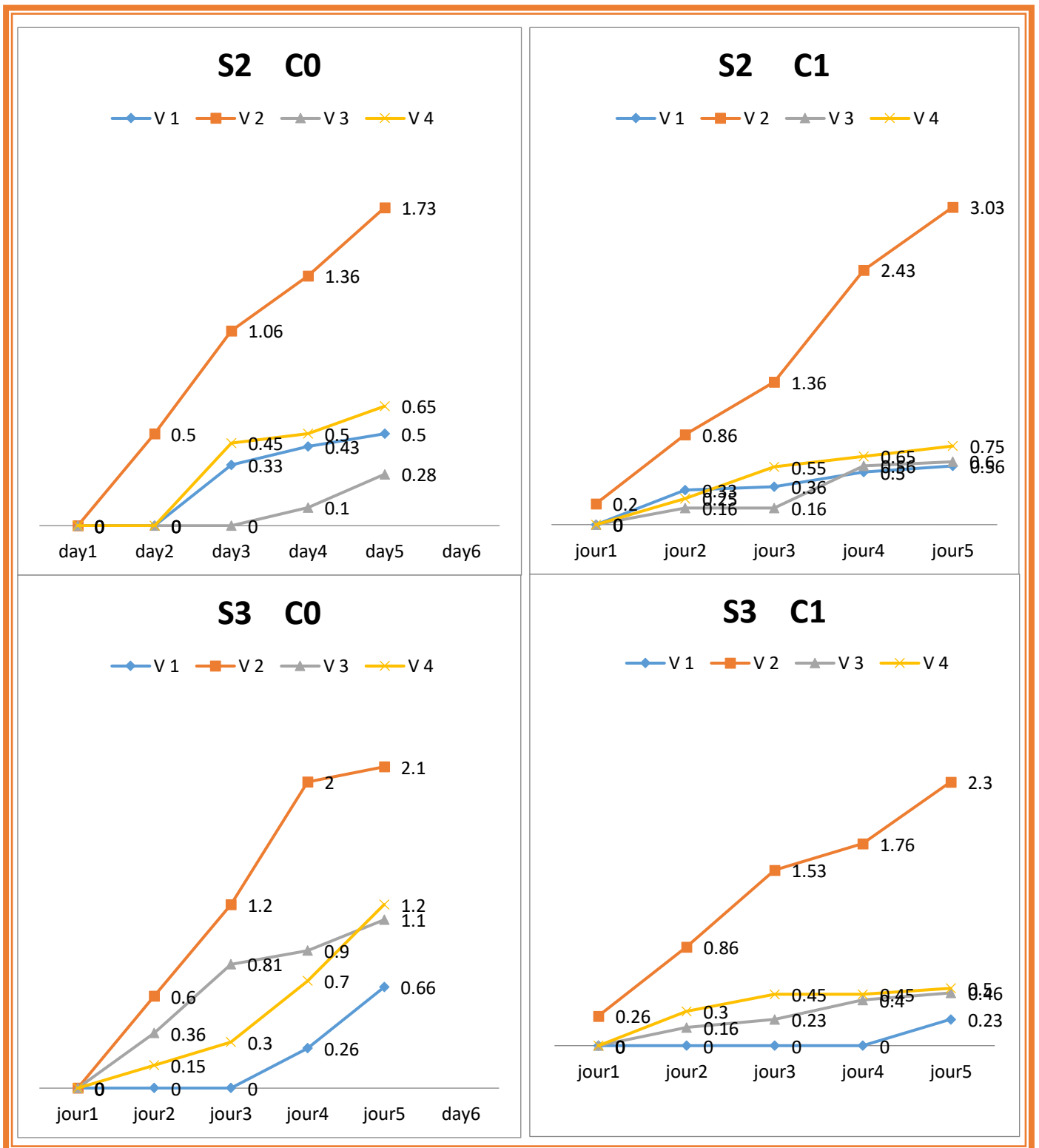


Fig. 17 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la racine (LR %) de germination des quatre variétés de Quinoa étudiée.

➤ **Germination sans Acide salicylique :**

Les courbes de germination permettent de distinguer 3 phases : **Fig.17**

❖ Une phase de latence, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon la concentration de NaCl. Elle est courte (1 jour) chez les témoins avec des traitements 3g/l de NaCl pour les quatre variétés. Pour le traitement 7 g/L, cette phase devient plus au moins longue et peut atteindre 2 jours chez la variété v1 et v4. Au traitement 10 g/l de NaCl la phase de latence s'étend et peut aller jusqu'à 4 jours pour v1.

❖ Une phase sensiblement linéaire : correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, pour les graines témoins et les graines soumises aux concentrations de 3 g/L, 7g/L et 10g/L.

❖ Une troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative de chaque variété pour chaque concentration. Il paraît que cette capacité germinative diminue pour toutes les variétés étudiées mais avec des degrés différents, selon l'espèce et le stress appliqué. Enfin, on remarque que la variété 2 évolue plus rapidement que les autres variétés, et s'enregistre comme étant la plus tolérante au sel, alors que la variété la plus sensible est v1. Les autres variétés ont un comportement intermédiaire.

➤ **Germination avec Acide salicylique**

Dans l'absence d'acide salicylique nous avons presque les mêmes résultats que dans la présence de l'AS, mais on note certaine différence :

Le premier jour, nous avons remarqué des bourgeons racinaires dans la variété 2, où il a atteint une valeur significative 0,25 cm en concentrations S1 et S3.

Les jours suivants, la longueur des racines est plus grande en la présence de acide salicylique dans la variété 2 et 3 par rapport au témoin et aux autres variétés.

L'analyse de l'ANOVA avec un seuil de probabilité d'erreur $\alpha=0.05$. Cette analyse montre qu'il y a un effet hautement significatif des trois facteurs sur le taux de germination **Tableau 10**

Tableau 10 : Analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs contrôlés de la longueur de racine

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	9	86,6786	9,6310	9,6310	< 0,0001
Erreur	18	18,0000	1,0000		
Total corrigé	27	104,6786			

1.4.2. Longueur de la tige (LT)

A travers les résultats obtenus, qui montrent l'effet de la salinité et de l'acide salicylique sur la longueur moyenne des racines (LR) dans chacune des variétés.

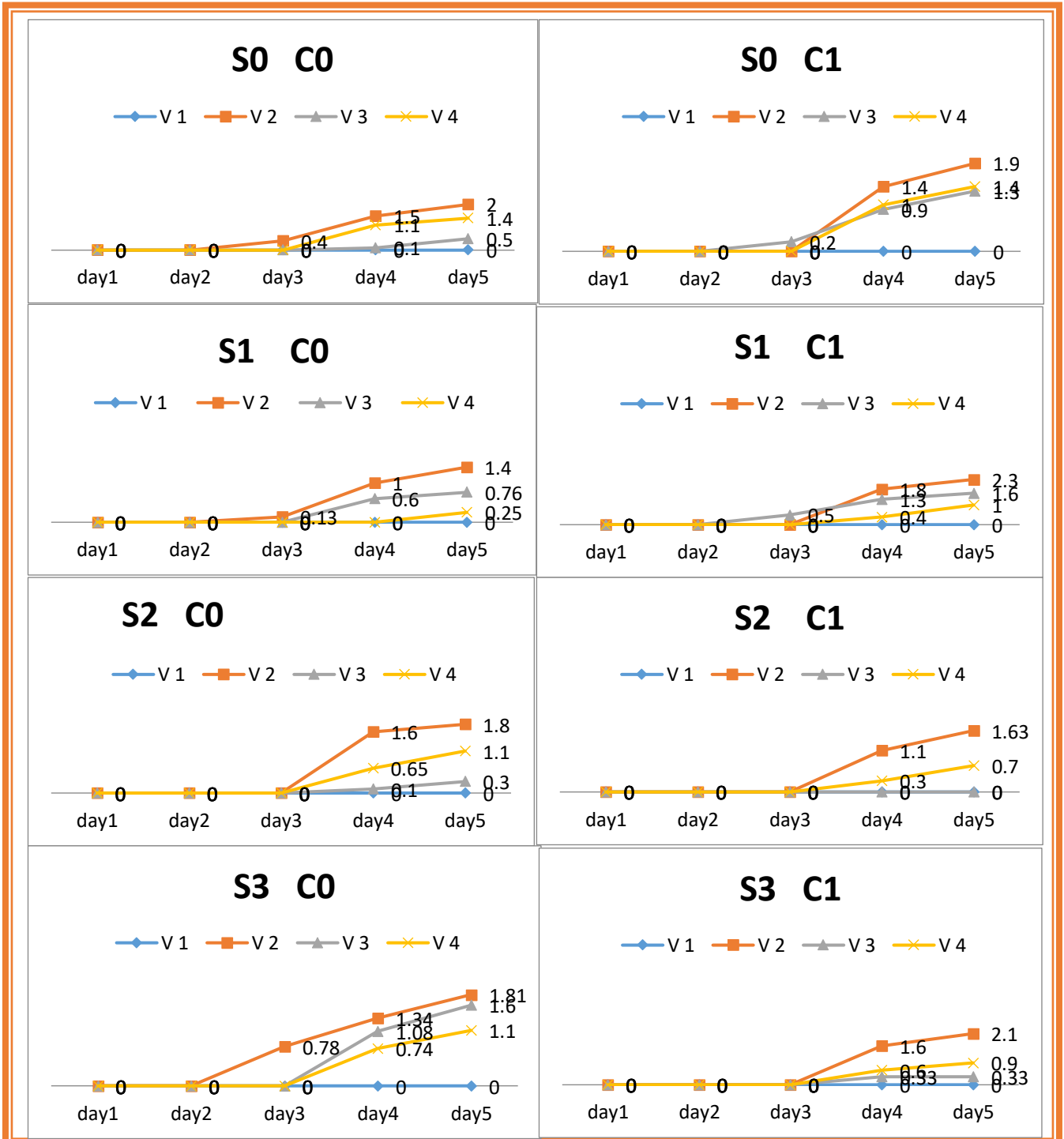


Fig. 18 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la tige (LT %) de germination des quatre variétés de Quinoa étudiée.

La **figure 18** présente les valeurs moyennes de la hauteur de la tige des plantes stressées par les différents traitements comparés au témoin. L'impact des différentes concentrations en NaCl appliquées (3, 7 et 10 g/l) sur la variété du quinoa a montré qu'en l'absence de sel, les plantes présentent un meilleur développement des parties aériennes.

Les résultats obtenus montrent que les traitements avec NaCl seul ou associé à s1 s2 s3 et AS, ont un effet positif sur la croissance chez la variété 1, v 2, v 3 par rapport au témoin.

L'application de différents traitements salins en présence de l'AS induit une augmentation de la hauteur de tige par rapport aux plantes stressées à NaCl seul. L'allongement le plus important (2.3 cm) et signalé pour la variété 2

Mais pour la variété 1 on n'a pas enregistré un développement des parties aériennes.

L'analyse de l'ANOVA avec un seuil de probabilité d'erreur $\alpha=0.05$. Cette analyse montre qu'il y a un effet hautement significatif des trois facteurs sur le taux de germination **Tableau 11**

Tableau 11 : Analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs contrôlés de la longueur de la tige

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	9	86,6786	9,6310	5,7786	0,0008
Erreur	18	30,0000	1,6667		
Total corrigé	27	116,6786			

2. Discussion

Les développements de cinétique de la germination Benidire et hajlaoui a répondu que la germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissant à l'émergence de la radicule. Ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et la détermination d'une production agricole réussie (**Benidire et al., 2015**). Pendant la germination, l'émergence de la radicule serait contrôlée par l'osmolarité du milieu, alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire (**Hajlaoui et al., 2007**).

La salinité peut se manifester par deux effets : osmotique qui est réversible et/ou toxique qui est irréversible. La présence de doses élevées en NaCl entraîne la diminution du potentiel osmotique du milieu, cela peut retarder ou empêcher l'absorption de l'eau nécessaire pour la germination (**Mirmazloun et al., 2010 ; Benidire et al., 2015**).

Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées (**camara et al., 2018**). Suite aux résultats obtenus, nous avons montré que la concentration de NaCl dans les milieux influe sur le comportement germinatif qui se traduit par une petite diminution du taux de germination final. Des résultats similaires comparables ont été abordés aussi chez différents auteurs sur le quinoa (**Prado et al., 2000**).

La diminution du taux de germination final correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon (**Groome et al., 1991**). Cet effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions (**Hajlaoui et al., 2007**). Toutefois le quinoa reste plus résistant au stress salin, en fonction des concentrations étudiées. En effet, l'étude de Rjeibi sur l'effet de l'irrigation des eaux salées sur une culture de quinoa montre que les graines de quinoa sont capables de germer dans un milieu enrichi en sel (**Rjeibi et al., 2015**). Ces résultats sur le quinoa sont en accord avec Brakez dans le sens où le quinoa peut germé dans cette condition de stress élevé (**Brakez et al., 2013**). Cette capacité de germination en présence de sel a été expliquée par Koyro et Eisa par le fait que la présence de péricarpe qui recouvre la graine joue le rôle d'une barrière pour éviter le passage des ions toxiques à l'intérieur de la graine (**Koyro et Eisa, 2008**). L'effet de NaCl sur le

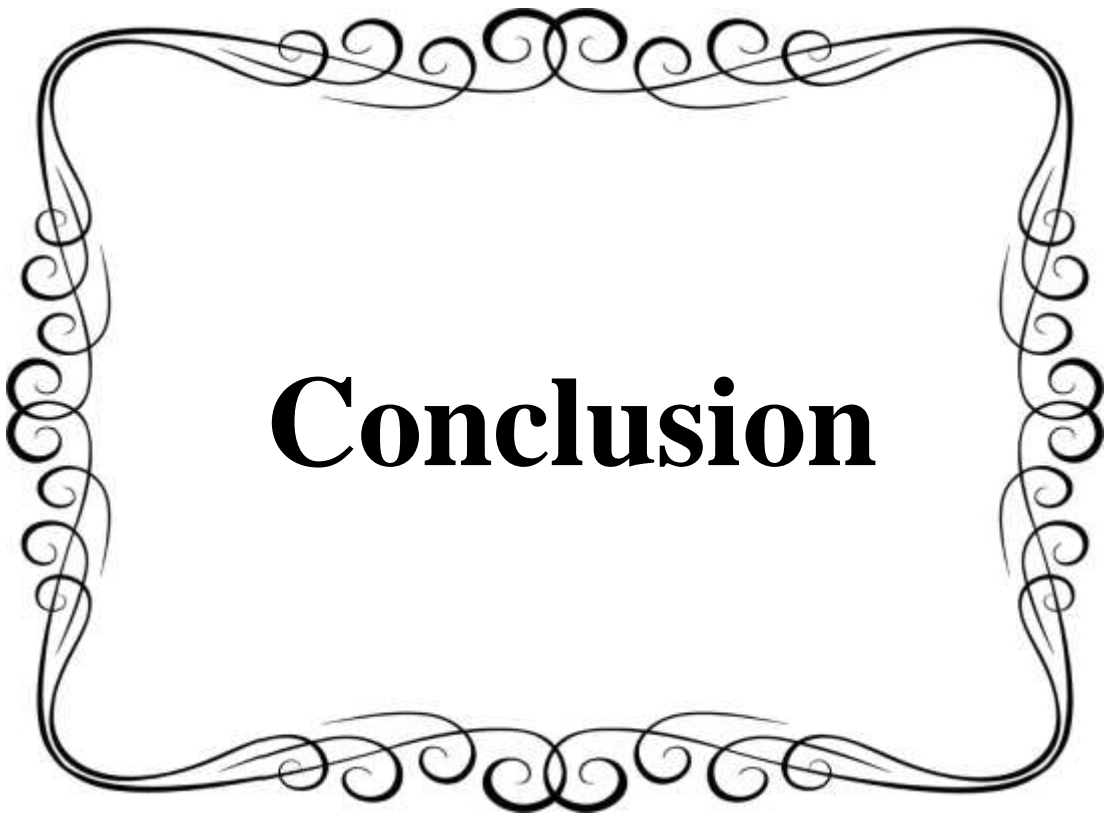
comportement germinatif des graines se traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination (**Camara et al., 2018**). D'après Ben-Miled ce retard peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (**Ben-Miled et al., 1986**).

Alors que Ghrib ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine (**Ghrib et al., 2011**). D'autres études ont montré également que l'augmentation de la concentration du sel retarde la germination (**Askri et al., 2007**), et réduit le pourcentage final de germination (**Othman et al., 2006 ; Askri et al., 2007 ; Bouda et Haddioui, 2011; Mrani Alaoui et al., 2013 ; El Goumi, 2014**). Cette diminution est due selon Othman à la réduction de l'utilisation des réserves des grains (**Othman et al., 2006**). Par ailleurs, selon Prado 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 (**Prado et al., 2000**). La variation des capacités germinatives associé au temps moyen et au taux moyen de germination des graines permettent de bien discriminer les espèces quant à leur tolérance et (ou) sensibilité au sel au cours de la germination (**Camara et al., 2018 ; Ghrib et al., 2011**).

La croissance et le développement des plantes, comme de tous les organismes, sont régulés par divers stimuli externes internes.

Pendant toute la durée de vie des plantes et joue un rôle clé dans la régulation de leur croissance et de leur productivité (**Arberg, 1981**). Le rôle de l'AS dans la germination des graines a été discutable car il existe des rapports incohérents suggérant qu'il peut soit inhiber la germination, soit augmenter la vigueur des graines. Les effets contradictoires rapportés peuvent être liés aux concentrations de SA utilisées. Chez *Arabidopsis thaliana*, les concentrations de SA [1 mM retardent voire inhibent la germination (**Rajou et al., 2006**). En orge, les doses [0,250 mM SA inhibent la germination des graines (**Xie et al. 2007**), tandis que chez le maïs la germination est totalement inhibée par des doses SA allant de 3 à 5 mM (**Guan et Scandalios, 1995**). L'effet du SA en tant que régulateur négatif de la germination des graines est probablement dû à un stress oxydatif induit par le SA. Dans les plantes d'*Arabidopsis* traitées avec du SA (1 à 5 mM), les niveaux de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) augmentent jusqu'à 3 fois en raison de l'augmentation des activités de Cu, Zn-superoxyde dismutase et de l'inactivation des enzymes dégradant H₂O₂, catalase et ascorbate peroxydase (**Rao et al., 1997**).

D'après Klessing 1994 l'acide salicylique a un rôle dans la germination des graines et cela a été confirmé par les résultats.



Conclusion

CONCLUSION

L'acide salicylique joue un rôle important dans la germination des graines, car il stimule leur croissance et leur fonction physiologique, tel que la salinité des sols pose de graves problèmes à l'agriculture dans le monde entier car la salinité affecte la germination, la croissance et le développement des plantes. Donc, L'acide salicylique et le stress salin ont un rôle opposé.

L'étude effectuée au laboratoire nous a permis l'évaluation de l'effet de l'acide salicylique sous stress salin sur la germination de quatre variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*)

Ainsi le présent travail montre que la salinité affecte la totalité des paramètres de germination examinés chez les différentes variétés étudiées. A la lumière des résultats obtenus au cours de ce travail, il nous a été crucial de tirer les points suivants :

- * L'aptitude à la germination de l'ensemble des écotypes est élevée dans le milieu qui contient l'acide salicylique.

- * La réponse au stress salin chez les quatre variétés étudiées de quinoa révèle l'existence d'une grande variabilité pour tous les paramètres mesurés. La capacité germinative et la vitesse de germination des variétés étudiées sont touchées et elles diminuent avec l'augmentation de la concentration en NaCl ajouté et augmenté à la présence de l'acide salicylique.

- * Les effets dépressifs de sel sont essentiellement de nature osmotique. Ainsi, la présente étude nous a permis de classer les variétés étudiées en trois groupes significativement différents, en comparant plusieurs paramètres de germination. Le premier groupe est formé de V2 qui est la variété la plus tolérante au sel. Le deuxième groupe renferme les variétés moyennement tolérantes à savoir V3, V4. Le troisième groupe contient les variétés V1 qui sont les plus sensibles au stress salin.

Enfin, la tolérance au sel à la présence de salicylique dans les cultures est un trait extrêmement important et un axe de recherche majeur, cette étude devrait être complétée par des expérimentations sur le champ afin de confirmer la tolérance de ces variétés qui représentent une source de résistance aux conditions arides extrêmes : températures élevées, sécheresses et salinité des sols, les écotypes du quinoa ayant une meilleure tolérance au sel est une solution proposée à ce problème, donc il faut amélioré un travail dans cette perspective c'est-à-dire étudier l'effet des hormone sous les différent stress sur la croissance et le

CONCLUSION

rendement de quinoa, ainsi que les cultivars de quinoa qui doivent être exploités dans des programmes de mise en valeur des zones arides et semi arides.



LES ANNEXES

ANNEXES

Annexes N°1: Les résultats du taux de germination

G P %		V 1	V 2	V 3	V 4
S0	C0	5	68	35	50
	C1	15	72	40	45
S1	C0	5	68,3	35	20
	C1	10	71,7	40	65
S2	C0	5	70	30	40
	C1	10	68,3	25	35
S3	C0	5	73	33,3	37,5
	C1	10	74	35	50

Annexes N°2: Les résultats de la vitesse de germination

G R %		V 1	V 2	V 3	V 4
S0	C0	60	40	70	71
	C1	100	37	67	76
S1	C0	60	48	67	65
	C1	100	39	72	71
S2	C0	90	52	63	78
	C1	80	43	86	44
S3	C0	80	51	67	75
	C1	100	40	73	68

ANNEXES

Annexes N°3 : Les résultats de l'indice de germination

G SI		V 1	V 2	V 3	V 4
S0	C0				
	C1				
S1	C0	0	106	90	38
	C1	33	124	137	142
S2	C0	66	125	49	77
	C1	66	120	85	97
S3	C0	33	119	94	86
	C1	83	118	110	160

Annexes N°4: Les résultats de cinétique de germination

15 في اليوم		V1	V2	V3	V4
S0	C0	1,2	1,9	0,8	1,7
	C1	0,1	2,3	1,1	0,6
S1	C0	0,5	1,9	0,8	0,6
	C1	0,4	2,5	2	0,4
S2	C0	1	1,8	0,4	0,7
	C1	1,2	2	0,7	0,8
S3	C0	1	2,1	1,3	1,6
	C1	0,4	2,2	0,8	0,5

15 في اليوم		V1	V2	V3	V4
S0	C0	0	2	0,5	1,4
	C1	0	1,9	1,3	1,4
S1	C0	0	1,4	0,76	0,25
	C1	0	2,3	1,6	1
S2	C0	0	2,2	0,3	1,1
	C1	0	1,63	0	0,7
S3	C0	0	1,81	1,6	1,1
	C1	0	2,1	0,33	0,9

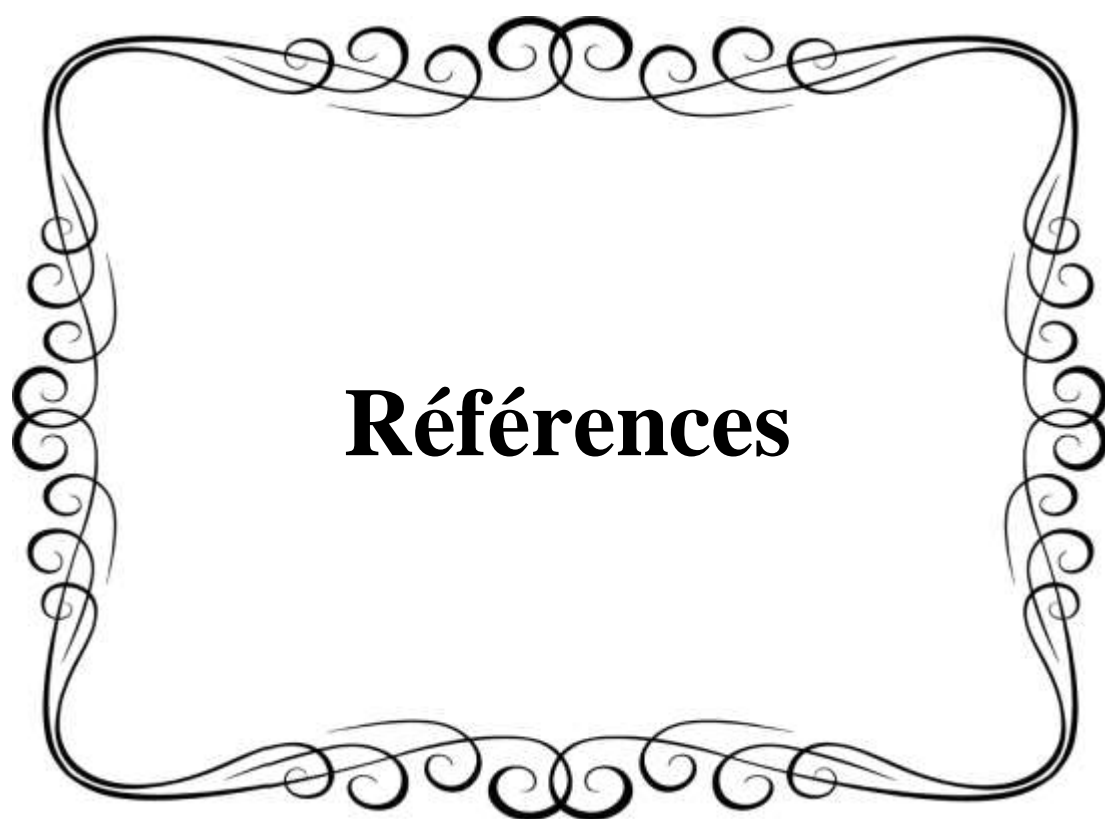
Longueur de racine

Longueur de tige

ANNEXES

Annexes N°5: Quelques photo sur l'expérience





Références

REFERENCES

A

1. **Aabha D., (2015).** Adaptation au changement climatique : produire plus de quinoa grâce aux techniques nucléaires. IAEA Bulletin, Pérou, pp. 11.
2. **Adjal Izdihar., Cherr Cheyma., (2020).** Le Quinoa en condition de stress thermique. Thèse de Mester. Université Mohammed Khider Beskra. Spécialité biotechnologie. pp. 36.
3. **Amrouche I., Mesbah El-kahina A. (2017).** Effet du stress abiotique sur l'accumulation des protéines totales chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université des Frères Mentouri Constantine, 2017, p 96.
4. **Arfan M., Athar H R., Ashraf M. (2007).** Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress. *Plant physiol*, 164(6): 685-94.
5. **Arendt E.K., Zannini E. (2013).** Quinoa. In: *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. Pp. 409–438.

B

6. **Benhabib O., (2005).** Les cultures alternatives Quinoa, amarante et épeautre. n° 133. Transfert de technologie en agriculture. Royaume du MAROC. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes. pp. 4.
7. **Benhamza Hayet., (2019).** Effet de l'acide salicylique sur la germination et la croissance de l'orge en milieu salé, Thèse de Master, Université Mohamed Khider de Biskra, pp. 47.
8. **Bhargava A., Shukla S., Ohri D. (2006).** *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Industrial crops and products* 23(1) : 73-87.
9. **Begg J E., (1980).** Morphological adaptations of leaves to water stress. In: Turner, N. C. and Kramer P. J. (eds.), *Adaptation of plants to water and high temperature stress*, pp. 3342. Wiley Interscience, New York.
10. **Benidire L., Daoui Z., Fatemi Z., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K. (2015).** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L.

REFERENCES

- (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3) :840-851.
11. **Belkhodja M., Bidai Y. (2004).** Réponse des graines d'*Altiplaxhalimus* L à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse* 15(4) : 331-335.
 12. **Benidire L., Daoui Z., Fatemi Z., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K. (2015).** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3) :840-851.
 13. **Bogota: IICA, CIID. Vacher J.J., (1989).** Los riesgos de la helada en el Altiplano boliviano. La Paz: ORSTOM – SENAMHI.
 14. **Bouchoukh I., (2010).** Comportement écophysologique de deux chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mém. magister en Bio. Végétale ,Univ.Mentouri Constantine, 85 p.
 15. **Boumdouha S., Krim K.(2019).** Quelques Caractères physiologiques et morphologiques de tolérance de blé dur (*Triticum durum* Desf.) de deux génotypes (WAHA et GTA) à la salinité [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed Boudiaf - M'Sila, 2019, p 79.
 16. **Bourizq Z., (2019).** Caractérisation phénotypique et génotypique des germoplasmes de blé (*Triticum aestivum* L.) vis-à-vis de la salinité [En ligne]. Mémoire de Master. Maroc : Université Moulay Ismail, 2019, p 92.
 17. **Bruneton J., (2009).** Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. 4ème éd. Paris, Tec'Doc.**Ben Kaddour M., (2014).** Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin [En ligne]. Thèse de doctorat. Algérie : Université Badji Mokhtar- Annaba, 2014, p 108.
 18. **Brakez M., Harrouni M. C., Tachbib N., Daoud S. (2014).** Comparative effect of NaCl and seawater on germination of quinoa seed (*Chenopodium quinoa* willd). *Emir. J. Food Agric.* 26 (12): 1091-1096.
 19. **Bioversity International et FAO., (2013).** Quinoa et ses espèces sauvages apparentées. Bolivie. N° 538, pp:3-38.

REFERENCES

20. **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* 124: 12424-12432.
21. **Caines A M., C Shennan. (1999).** Interactive effects of Ca²⁺ and NaCl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca²⁺ use efficiency. *Plant Physiol. Biochem.*, **37**, 569-576.
22. **Cayueta E., F Perez-Alfocea., M Caro., M C Bolarin. (1996).** Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiol. Plant.*, **96**, 231-236.
23. **Chamekh Z., (2010)** Analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) à la contrainte saline dans trois Gouvernorats du centre de la Tunisie [En ligne]. Mémoire de Master. Tunisie : Université du 7 Novembre à Carthage, 2010, p 72.
24. **Cusack D., (1984).** Quinoa : grain of the Incas. *Ecologist*, 14(1), 21-31.
25. **Carmen Del Castillo., Grégory Mahy., Thierry Winkel. (2008).** Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Avenue Hernando Siles, 5290. BOL-La Paz (Bolivie). Gembloux Agricultural University – FUSAGx. Unité Sol, Écologie, Territoire. Passage des Déportés, 2. B- 5030 Gembloux (Belgique). Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Unité de Recherche 060. Climat et Fonctionnement des Agroécosystèmes (UR CLIFA). CNRS/CEFE (Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive). F-34293 .
26. **Chiara C., Camilla M., Bianca M., Cinzia S., Eugenio S. (2013).** Quinoa in the kitchen. Ed; G. Canale et C. Spa, Borgaro Torpinèse (Turin). Italie, pp. 95.

D

27. **Daniel F. Klessig., Jocelyn Malamy. (1994).** Waksman Institute and Department of Molecular Biology and Biochemistry, Rutgers-The State University of New Jersey, P. O. Box 759, Piscataway, NJ 08855, USA (author for correspondence); 1 Present address: Biology Department, 1009 Main Building, New York University, Washington Square, New York, NY 10003, USA *Plant Molecular Biology* 26: 1439-1458.
28. **Debez A., Ben Hamed K., Grignon C., Abdely C., (2004).** Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Casipoula maritima*. *Plant Soil* 262:179–189.

REFERENCES

29. **Dutuit P., Pourrat Y., Dutuit J.M., (1994).** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sècheresse*, 5. 1: 23-31.
30. **Delaney T., Uknes S., Vernooij B., Friedrich L., Weymann K., Negrotto D., Gaffney T., Gut-Rella M., Kessmann H., Ward E., and Ryals J. (1994).** A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science* 266, 1247-1250.
31. **Delaney TP., Uknes SJ., Vernooil B., Friedrich L., Weymann K., Negrotto D., Gaffney T., Gut RM., Kessman H., Ward E., Ryals J. (1994).** A central role of salicylic acid in plant disease resistance, *science* 266, pp. 1247-1250.
32. **Delaney T P., Uknes S., Vernooij B., Friedrich L., Weymann K., Negrotto D., Gaffney T., Gut R M., Kessmann H., Ward E and Ryals J. (1994).** A central role of salicylic acid in plant disease resistance .*Science* 266: 1247-1250.
33. **Dharm S., (2019).** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential crop for future food, health security, livelihood generation and poverty eradication, India. pp. 285.
34. **Dalila A.A., Nour-Elhouda S. (2019).** Effets du stress salin sur la germination de quelques variétés introduites du quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) et évaluation de certains indicateurs biochimiques de stress. Thèse Mester , Université Frères Mentouri Constantine1, pp. 45.
35. **Del Castillo C., Gregory M., Winkel T. (2008).** Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente « bio-équitable ». *Biotechnol. Agron. Soc.Envion.*, 12(4) : 421-435.

E

36. **Estañ M T., M M Martinez-Rodriguez., F Perez-Alfocea., T J Flowers., M C Bolarin. (2005).** Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *J. Exp. Bot.*, **56** (412), 703-712.
37. **El Tayeb M A., (2005).** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant growth regulation* 45(3):215-224.
38. **ES-Sbihi., Fatima Zohra., (2015).** Effet de l'acide salicylique et du stress salin sur quelques paramètres de croissance de certaines plantes aromatiques et médicinales. *Projet de Fin d'Etudes Licence Sciences Techniques «Biotechnologie et Valorisation des Phytoressources»*, pp. 26.

F

39. **FAO., 1994-** Cultures marginalisées 1492: Une autre perspective. *Production végétale et protection des plantes*. n°26, p: 141-145.

REFERENCES

40. **Foudili D., Gasmi A. (2020)**. Stress de la sècheresse chez quatre variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Un examen sur quelque caractéristique morphologique et sur les pigments [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed Boudiaf-M'Sila, 2017, p 78.
41. **FAO (2012)**. Master plan for the international year of quinoa: A future sown thousands of years ago. http://www.fao.org/alc/file/media/aiq/pubs/master_plan.pdf , consulté le 12 février 2015.
42. **FAO (2014)**. Assessment of the International Year of Quinoa 2013. <Http://www.fao.org/docrep/meeting/030/mk172E.pdf> , consulté le 9 mai 2015.
43. **FAO, IFAD, WFP (2014)**. The state of food insecurity in the world 2014: strengthening the enabling environment for food security and nutrition. <http://www.fao.org/3/a-i4030e.pdf>, consulté le 07 mai 2015.
44. **Fuentes F., Bhargava A. (2011)**. Morphological analysis of Quinoa germplasm grown under lowland desert conditions. *J Agron Crop Sci* 197:124–134.
45. **FAOSTAT F., (2010)**. *Disponível em: elt; http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx ancor; Acessado em setembro.*
46. **FAO Food., (2016)** and Agriculture Organization of the United Nations, 2016, FAOSTAT Database, FAO. (1 December 2016; www.fao.org/faostat).
47. **FAO. (2011)**. FAOSTAT.
48. **FAO. (2013)**. Launch of the international year of quinoa: UN celebrates Andean super food. http://www.fao.org/quinoa-2013/press_room/news/detail/en/

G

49. **Gandarillas H., (1979)**. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Genética y origen. In: *La Quinoa y la Kaniwa cultivos andinos*. Tapia, ME., Ganaarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A.
50. **González, J., M. Bruno, et al. (2011)**. Genotypic variation of gas exchange parameters and leaf stable carbon and nitrogen isotopes in ten quinoa cultivars grown under drought. *Journal of agronomy and crop science* 197(2): 81-93.
51. **Gallardo M., Gonzalez J.A., Ponessa G. (1997)**. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd (Quinoa). *Chenopodiaceae. Lilloa*, 39(1), 71-80.

REFERENCES

52. **Gordillo-Bastidas E., Díaz-Rizzolo DA., Roura E., Massanés T., Gomis R. (2016).** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from nutritional value to potential health benefits: An integrative review. *J Nutr Food Sci.*;6:497. DOI: 10.4172/2155-9600.1000497.
53. **Giusti K., (1970).** El género *Chenopodium* en la Argentina. I. Número de cromosomas. *Darwiniana* 16: 98-105.
54. **Greenway H., R. Munns. (1980).** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*31, 149-190.
55. **Galwey N.W., Leakey C.L.A., Price K.R., Fenwick G.R. (1990).** Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sci. Nutr.*, 42F(4), 245- 261.
56. **Godfray H.C.J., Beddington J.R., Crute I.R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., et al. (2010).** Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
57. **Graf B.L., Rojas-Silva P., Rojo L.E., Delatorre-Herrera J., Baldeón M.E., Raskin I. (2015).** Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Compr. Rev. Food Sci. F.*, DOI: 10.1111/1541-4337.12135.
58. **Galwey N.W., Leakey C.L.A., Price K.R., & Fenwick G.R. (1989).** Chemical Composition and Nutritional Characteristics of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sciences and Nutrition*, 42(4) : 245–261.
59. **Gozzo F., (2003).** Systemic acquired resistance in crop protection: from nature to a chemical approach, *J. Agric. Food Chem.* 51, pp. 4487-4503.
60. **Gunes A., Inal A., Alpaslan M., Eraslan F., Bagci E G and Cicek N. (2007).** Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J Plant Physiol*, 164(6):728-36.
61. **Groome M C., Axler S., Gfford D J. (1991).** Hydrolysis of lipid and protein reserves in lobolly pine seeds in relation to protein electrophoretic patterns following imbibition. *Physiol. Plant* 83, 99-106.

REFERENCES

H

62. **Heller R., Esnault R et Lance C. (2000).** Physiologie végétale 2. Développement 6e édition de L'Abrégé, 1er et 2e cycles, DUNOD, Paris, pp. 366.
63. **Heller R., Esnault R., lance C. (1998).** Physiologie Végétal Tome 1 Nutrition Paris , pp. 323.
64. **Herbillon M., (2015).** Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Thèse de doctorat d'état, université de Rouen U.F.R de médecine et de pharmacie, 127p.
65. **Herbillon Marie., (2015).** Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Sciences pharmaceutiques. dumas-01172250.
66. **Hela Ben Ahmed., Hajer Mimouni., Arafet Manaa., Ezzeddine Zid. (2010).** L'acide salicylique améliore la tolérance de la tomate cultivée (*Solanum lycopersicum*) à la contrainte saline. Unité d'Ecophysiologie et Nutrition des plantes, Université Tunis El Manar. Faculté des sciences de Tunis, département de Biologie, Campus universitaire, 1060 Tunis, Tunisie. *Acta Bot. Gallica*, 157 (2), 361-368, 2010.
67. **Hadj Hamou B., (2000).** Etude de l'effet de la date de semis sur l'apparition de la carie (Genre: *Tilletia*, Classe; Basidiomycètes) et son influence sur les caractéristiques morphologiques de la plante hôte (Blé tendre Variété; Mahon Demias) en zone semi-aride (Tiaret). Thèse d'ingénieur d'Etat en agronomie, ISA Tiaret. P7.
68. **Hopkins W. G., (2003).** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.
69. **Hela Ben Ahmed., Hajer Mimouni., Arafet Manaa., Ezzeddine Zid. (2009).** L'acide salicylique améliore la tolérance de la tomate cultivée (*Solanum lycopersicum*) à la contrainte saline par Unité d'Ecophysiologie et Nutrition des plantes. Université Tunis El Manar. Faculté des sciences de Tunis. Département de Biologie, Campus universitaire, 1060 Tunis, Tunisie *Acta Bot., Gallica*. 157 (2), 361-368, 2010
70. **Houdhaifa H., Halima KH. (2019).** Contribution à l'étude de l'introduction de l'espèce de Quinoa dans la wilaya d'El Oued. Thèse Master Académique en Sciences Agronomiques. Spécialité Production végétale. Université Echahid Hamma Lakhdar. El- OUED. pp.71.
71. **Hopkins G W., (2003).** Physiologie végétale, Traduction de la 2e édition américaine par Serge Rambour, Révision scientifique de Charles-Marie Evard, De Boeck, Bruxelles, pp. 514.

REFERENCES

72. **Hajlaoui H., Denden M., Bouslama M. (2007).** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, Vol 25 (3), 168-173.
73. **Hamas soumaya., (2013)** effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur le comportement des graines et des plantes juvéniles du gombo (*Abmoschus exulentes* thèse de master, PP 56.

I

74. **ITDAS, (2017).** La culture du Quinoa en milieu Oasien. Ed; DFRV, MADRP Alger.

J

75. **Jacobsen S.E., Stølen O.(1993).** Quinoa: morphology, phonology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Eur. J. Agron.*, 2, 19-29.

K

76. **Kabar K., (1987).** Alleviation of salinity stress by plant growthregulators on seedgermination. *Journal of Plant Physiology*, 128(1-2), 179-183. Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale: De Boeck Supérieur.*
77. **Klessig D.F., Durner J., Noad R., Navarre D.A., Wendehenne D., Kumar D., Zhou J.M., Shah J., Zhang S., Kachroo P., Trifa Y., Pontier D., Lam E., Silva H. (2000).** Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 2000, pp. 8849- 8855.
78. **Kunkel B N., brooks D M. (2002).** Cross talk between signaling pathways in pathogen defense, *Curr.Opin.Plant Boil.*5, 2002, pp. 325-331.
79. **Kaya C.A.L., Tuna I., Yoka. (2009).** The Role of plant hormones in plants under salinity stress salinity and water stress tasks for vegetation sciences, volume 44, 2009, pp. 45-50, Purchase on springer. Com.
80. **Khessing DF ., Malamy J., (1994).** The salicylic acid signal in plant .*Plant Mol.Bio.* 26,1439-1458.

L

81. **Lebonvallet S., (2008).** Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'altiplano bolivien. Thèse doctorat. Agro Paris Tech. France, p:17-29.

REFERENCES

82. **Lovato Giulio., (2012).** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). P3
83. **Levitt. J., (1980).** Response of plants to environmental stresses. Vol2, water, radiation, salt and other stresses. Academicpress, New York .
84. **Lutz W., Sanderson W., Scherbov S. (2008).** The coming acceleration of global population ageing. *Nature*, 451, 716-719.
85. **Levigneron A., F. Loupez, G. Vansuyt., P Berthomieu., P Fourcory., F. Casse-Delbart. (1995).** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4, 263-273.
86. **Luke Lundberg., (2019).** Saponin Removal from Quinoa by abrasion processing. A Degree Master, Science in Agriculture, Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo of the Requirements , Specialization in Food Science, pp. 64.

M

87. **Maillard J., (2001).** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. *Handicap International*, 35p.
88. **Munns R., James R. A., Lauchli A. (2006).** Approaches to increasing the salttolerance of wheat and othercereals. *J. Exp. Bot*, 27: 1025-1043.
89. **Métraux J P., Signer H., Ryals J., Ward E., Wyss-Benz M., Gaudin J, Raschdorf K., Schmid E., Blum W and Inverardi B. (1990).** Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. *Science*, 250: 1004-1006.
90. **Muthulakshimi S., Lingakunar., (2017).** Role of salicylic acid (SA) in plants a review, *International, Journal of applied Research*.
91. **Mariem T., (2020).** Effet de déficit hydrique régulé sur la production d'une culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) dans la région de Biskra. Thèse Mester, Université Des Frères Mentouri Constantine1, pp. 81.
92. **Mujica A., (1992).** Granos y leguminosasandinas. In : J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds).
93. **Mastebroek H.D., Limburg H., Gilles T., Marvin H.J.P. (2000).** Occurrence of sapogenins in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Sci. Food Agric.*, 80(1), 152-156.
94. **Moore F., (2017).** Développement de la culture de quinoa en Outaouais. Ed; Club des services agroenvironnementaux de l'Outaouais. Québec, Canada.

REFERENCES

95. **Mrani Alaoui M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., et Hmyene A.(2013).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *J.Mater. Environ. Sci.* 4 (6) : 997-1004. In Atiet-Allah et Saidani, 2019.
96. **Munns R., S.S Goyal., J. Passioura. (2004).** Salinity stress and its mitigation. <http://www.plantstress.com>,
97. **Mujica A., Izquierdo J., Marathee J.P. (2001).** Origen y descripción de la quinua. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathee, J. P. et FAO (eds). CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile.
98. **Mirmazloun S.I., Szabo K., PoorKalhor V., Németh É. (2010).** Effects of different levels of NaCl and CaCl² on seed germination characteristics of *Melissa officinalis* L. and *Ocimum basilicum* L. *International Journal of Horticultural Science* 2010, 16 (5): 21–25.
99. **Munns R., Tester M. (2008).** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59, 651–681.

N

100. **Nguyen T., Lau D.C.W. (2012).** The obesity epidemic and its impact on hypertension. *Can. J. Cardiol.*, 28(3), 326-333.
101. **Nicole M., Daniel J.F., Bressone E., Martinez C., Elbachir O., Lopez F., Assigbetse K., Fernandez D., Monttletj L., Geigerjp. (1998).** The hypersensitive reaction of Cotton to *Xanthomonas campestris* PV. *Malvacearum. Recent Research Developments in Microbiology*, 2, pp. 641-654.

O

102. **Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et Africaseeds Rome., (2019).** FAO et AfricaSeeds. Outils de formation pour la production de semences Module 3: Seed quality assurance. Rome. ISBN 978-92-5-131904-8 (FAO).

REFERENCES

103. **OUCIF.Z et al ., (2018)**. Evaluation du comportement morfo-physiologique, biochimique et antioxydants des quelques variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivées dans la région d'El Oued. Université Echahid Hamma Lakhdar –El OUED. Département de biologie .pp:9.
104. **Quispe J.I., Fernan dez C., Cortes G. (1976)**. Contribución al estudio morfológico del grano de quinua. In : Segunda Convención Internacional de Quenopodiáceas, Potosí, Bolivia.

P

105. **Peter J Maughan., Alejandro Bonifacio., Craig E Coleman., Eric N Jellen., Mikel R Stevens., Daniel J Fairbanks. (2007)**. Brigham Young University, Provo, UT 84602, USA, e-mail: Jeff_Maughan@byu.edu. Fundación PROINPA, Edificio Marconi, Piso 2, La Paz, Bolivia Springer Verlag Berlin Heidelberg.
106. **Prego I., Maldonado S., Otegui M. (1998)**. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Ann. Bot.*, 82(4), 481-488.
107. **Partap T., Joshi B.D., Galwey N.W. (1998)**. *Chenopodium* spp. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.22. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research. International Plant Genetic Resource Institute, Gatersleben, Germany, Rome, Italy.
108. **Perez C., Nicklin C., Dangles O., Vanek S., Sherwood S., Halloy S., et al. (2010)**. Climate change in the high Andes: implications and adaptation strategies for small-scale farmers. *Int. J. Environ. Cult. Econ. Soc. Sustain.*, 6(5), 71-88.
109. **Pieterse C.M.I., Van loon L.C. (1999)**. Salicylic acid-independent plant defense pathways. *Trends in Plants science* 4, pp. 52-58.
110. **Parida A., Das A., (2005)**. Salt tolerance and salinityeffect on plants. *Ecotoxicology and EnvironmentalSafety*, 60: 324-349.
111. **Pedersen S F., Tingvoll B Ø. (2013)**. Quinoa Opprinnelse, dyrking og anvendelse. *Bioforsk Report*. Vol (8). Nr155. p: 9.
- De

REFERENCES

112. **Prado F E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J A. (2000).** Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 27-34.

Q

113. **Quispe J.I., Fernandez C., Cortes G.(1976)** Contribucion al estudio morfologico del grano de quinua.In : Segunda Convencion Internacional de Quenopodiaceas, potosi, Bolivia.

R

114. **Rjeibi W., Kahlaoui B., Hachicha M. (2015).** Effet de l'irrigation des eaux salées sur une culture de quinoa réponses du quinoa aux contraintes hydriques. Editions universitaires européennes, 138p
115. **Rejili M., Vadel M A., Neffat P. M., (2006).** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus*(L.) en présence du NaCl. Revue des Régions Arides, 17.1 : 65- 78.
116. **-Raskin I., (1992).** a- Rol of salicylic acide in plants. Ann. Rev. Plant Physiol.Plant Moh .Biol. 43,439-463.
117. **Raskin I., (1992).** b- Salicylate, a new plant hormone .plant physiol.99.799-803.
118. **KHESSING DF., MALAMY J., (1994).** The salicylic acide signal in plant .Plant Mol.Biol.26,1439-1458.
119. **Ryals J.A., Neuenschwander U.H., Willits M.G., Molina A., Steiner H.Y., Hunt M.D. (1996).** Syytemic acquired resistance, plant cell2, pp. 1809- 1819.

REFERENCES

120. **Raskin I., (1992).** Role of salicylic acid in plants. Annual Review of plant physiology and plant molecular Biology. 43:439-463.
121. **Risi C.J., Galwey N.W. (1984).** The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. Adv. Appl. Biol., 10, 145-216.
122. **Rojas W, Pinto., Soto J.L. (2010).** Distribucion geogràfica y variabilidad genetic de los granos Andinos: Avances , logros y experiencias desarrolladas en quinua .org <http://www.proipa> Bioversity International 2010. canahua y amaranto en Bolivia./index php.

S

123. **Stevens J., T Senaratna., K Sivasithamparam. (2006).** Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. *Plant Growth Regul.*, **49**, 77-83.
124. **Sara Dje, Rabah M.(2019).** Etude comparative des quatre variétés de quinoa (*Chenopodium Quinoa Wild*) Cultivées dans la région d'ouedrigh « Djamaa ». Thèse de master université « Echahid Hamma Lakhdar.El oued »
125. **Shakirova F.M., AR-Sakhabutdinova V., Bezrukova R.A., Fatkhutdinova and D.R Fatkhutdinova. (2003).** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164, pp. 317- 322.
126. **SE Naratna T ., Touchell D ., Bunne., DIXON L . (2000)** acetyl salicylic acid (Aspirin and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *plant growth regulation* **30**,157-161.
127. **Smith-Becker J., Marois E., Huguet E.J., Midland S.L., Sims J.J., Keen N.T. (1998).** Accumulation of salicylic acid and 4-hydroxybenzoic acid in phloem fluids of cucumber during systemic acquired resistance is preceded by a transient increase in

REFERENCES

phenylalanine ammonia-lyase activity in petioles and stems, *plant physiol.* 116, pp. 231-238.

128. **Scanlin, L., Lewis, K.A. (2017).** Chapter 14 - Quinoa as a Sustainable Protein Source: Production, Nutrition, and Processing BT - Sustainable Protein Sources. Pp. 223–238. San Diego: Academic Press.

T

129. **Tahraoui S., (2016).** Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge (*Hordiumvulgare*) et le blé dur (*Triticumdurum*) [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed Khider Biskra, 2016, p 150.
130. **Tapia M.E., (1979).** La quinua y la quina: cultivos andinos. Serie Libros y Materiales Educativos 49.
131. **Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. (2002).** Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
132. **Tapia, M.E., (2002).** Cultivos, andinos.subexplotados y su aporte a la alimentaciôn.In: cultivos Andinos. CD-Rom, versiôn 1.0.FAO,UNA-Puno,CIP. Santiago, chile. transfert de technologie en agriculture. <http://studylibfr.com/doc/3022031/lescultures- alternatives>.
133. **Tapia M.E., (2000).** Cultivons andinos subexplotados y su aporte a la alimentaciôn.Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.

U

134. **Ungar I A., (1978).** Halophyte seed germination. *The BotanicalReview*, 44(2), 233- 264.

REFERENCES

135. **Ünlü H., Altindal N., Özdamar Ünlü H., Altindal D and Padem H. (2009).** Effect of salicylic acid on salinity stress in cowpea. In: 1st international symposium on sustainable development. Sarajevo. Bosnia-Herzegovina, pp61-65.

V

136. **Vazirimehr M R ., Rigi K. (2014).** Effect of salicylic acid in agriculture. International journal of plant, animal and environmental sciences, Vol 4: pp291-296.
137. **Valencia-Chamorro, S. A., (2003).** Quinoa In: Caballero B. Encyclopedia of Food Science and Nutrition, vol. 8. Academic Press, Masterdam. pp.4895-4902.
138. **Vidal A. et al., (2013).** Catálogo de variedades comerciales de quinoa en le Perú. FAO et INIA. Perú, p : 26-65.
139. **Vega-G´alvez A., Miranda M., Vergara J., Uribe E., Puente L., Amart´inez E. (2010).** Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). J Sci Food Agrican . Society of Chemical Industry. Chile, p: 2543-2545.

W

140. **Wilson, H.D., (1980).** Artificial hybridization among species of *Chenopodium* section *Chenopodium*. Systematic Botany 5: 253-263.
141. **Wilson H. D., (1990).** Quinoa and Relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Celluloid*). Economic Botany, 44(3) :92–110.

Y

142. **Yazar A., (2014).** A new crop for salt and dry agricultural areas of Turkey: Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd). Ed; Turkish journal of agricultural and natural sciences. University of Adana. Turkey. P. 144.

REFERENCES

143. **Yalpani n., Raskin I. (1993).** Salicylic acid: a systemic signal in induced plant disease resistance. *Trends Microbien.* 3, pp. 22-92.
144. **Yalbani N., Silverman P., Wilson TM., Kleier DA., Raskin I. (1991).** Salicylique acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis-related proteins in virus-infected tobacco. *Plant Cell* 3, pp. 809-818.

Z

145. **Zhang HX., et E Blumwald. (2001).** Transgenic salt tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nat. Biotech.* **19**, 765-768.
146. **Zahia t., rima a . (2019).**enquête sur la culture de Quinoa (chenopodium Quinoa wild) dans le sud algérien . thèse de mester université echahid hamma lakhder .el-oued pp. 55.

المراجع بالعربية :

- 1- محمود عبد العزيز و إبراهيم الخليل (2004). نباتات الخصر و الإكثار –المشاتل- زراعة الأنسجة النباتية – التقسيم – الوصف النباتي – الأصناف: ص. 69-74.
- 2- عبير ل, شيماء ق. (2018). متابعة ومقارنة صنفين من الكينوا. مذكرة تخرج تقني سامي في الزراعات الكبرى, المعهد الوطني المتخصص في التكوين المهني جامعة.
- 3- عبد الواحد وآخرون. (2011). سعدون، هـ قطش، إ. و باقة، م. (2019). فعالية حمض الساليسيليك على نبات الفول *Vicia faba* النامي تحت الإجهاد الملحي. مذكرة لنيل شهادة الماستر، قسم البيولوجيا و علم البيئة، كلية علوم الطبيعية والحياة، جامعة الإخوة منتوري قسنطينة-1 .
- 4- سميحة, س. حسين, غ. (2006). دراسة تأثير الملوحة على نمو نبات القمح ومعاملتها بمنظمات النمو رشا على المجموع الخضري شهادة لنيل الدراسات العليا DES في فيزيولوجيا النبات كلية العلوم الطبيعية والحياة, جامعة منتوري قسنطينة-1 .

REFERENCES

Site Internet:

- 1- <http://www.proipa>
- 2- http://www.fao.org/alc/file/media/aiq/pubs/master_plan.pdf
- 3- <Http://www.fao.org/docrep/meeting/030/mk172E.pdf>
- 4- <Http://studylibfr.com/doc/3022031/lescultures- alternatives>

Date de discussion	Nom et prénom : Bouzid Cheima * Karboub Sondra	
Aout 2021		
Titre : L'effet de l'Acide Salicylique sur la germination de Quinoa (<i>Chenopodium Quinoa</i>) sous stress salin		
Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Spécialité : Biologie et Physiologie de la Reproduction		
<p>Le quinoa a été identifié pour ses avantages nutritionnels dans le monde entier, pour sa teneur en protéines, en minéraux et en vitamines, et son importance a été renforcée non seulement dans les pays en développement, mais également dans les pays développés. Afin d'étudier l'effet de l'acide salicylique sur la germination de quatre variétés de Quinoa sous stress salin et la possibilité de l'inverser en utilisant le régulateur de croissance de l'acide salicylique. On appliquant quelques concentration de NaCl (10 g/l, 7 g/l, 3 g/l, 0 g/l) sur des variétés traitées avec ou sans acide salicylique qui a été réaliser au laboratoire de l'université Frère Mentouri.</p> <p>Les graines traitées par l'acide salicylique ont montré une capacité d'inverser l'effet du stress salin, en stimulant certains paramètres physiologique tel que le pourcentage total de germination, la vitesse de germination, l'indice de germination, en plus des mesures des longueurs des racines et des longueurs des pédoncules dans les graines de cultivars à la concentration saline spécifiée.</p> <p>La V2 étudié présentait des comportements bien différenciés sous des concentrations élevées de chlorure de sodium qui ont des corrélations significatives avec les variables étudiées.</p>		
Les mots clés sont : l'acide salicylique, le stress salin, Quinoa, germination, variétés, paramètres physiologique.		
Jury d'évaluation		
Président :	Boudour. L	PR- UFM Constantine 01
Rapporteur :	Bouchareb. R	MCA- UFM Constantine 01
Examineur :	Chibani. S	MCA - UFM Constantine 01
Année universitaire : 2020-2021		