



الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun - Tiaret



Faculté des sciences et de la nature et de la vie
Département des sciences et de la nature et de la vie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Génétique Moléculaire et amélioration des plantes

Thème

**Effet des stress salin, hydrique et thermique sur la
germination du Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Présenté par

Melle. BOUAZZA Zohra

Melle. BOGHOUFALA Leila

Devant le jury composé de :

PRÉSIDENT :

Mr. BOUBKEUR. Med A/A

Grade

MAA

Encadreur :

Mme. SOUALMLN

MAA

Examineur :

Mme. MOKHFI F/Z

MCB

Année universitaire : 2020-2021

Remerciement

Nous remercions en première lieu Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour terminer ce travail.

Merci à mes proches notamment mes parents, mes belles familles, sans vous rien n'aurait été possible, merci de votre soutien moral et de votre amour

*Nous exprimons nos sincères et chaleureux remerciements et notre profonde gratitude à madame **SOUALMI NADIA** qui est notre sœur avant qu'elle soit notre encadreur qui nous a suivi tout au long de ce travail, et dont les nombreux conseils nous ont permis de mener à bien ce travail.*

Nos remerciements vont aux membres de jury pour avoir consacré du temps pour corriger ce modeste travail.

Nos remerciements vont aussi à tout le personnel des laboratoires de protection des végétaux et de physiologie végétale pour leur précieuse aide et leur compréhension.

Egalement, nous tenons à remercier les enseignants, les responsables, les bibliothécaires de la faculté des Science de la Nature et de la Vie.

A tous nos amis et camarades de notre promotion 2021

A toute personne qui a participé de près ou de loin, directement ou indirectement, à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Louange à Allah tout puissant, de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail que je dédie à :

*Mes parents ; les plus chers dans ma vie à **mon père** précieux.
A **Maman** ma vie et la plus merveilleuse de toutes les femmes au monde.*

A mes adorables frères : Omar farouk , Mohamed ilyes , à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite.

A mes chères soeurs : Fatima Zahra, et Nada Yasmine .

A mon chère fiancé : ouddane A

*A mes chères collègues : Hanane , Hafsa , Nadia, Meriem .Bou,
Meriem Ben, Bakhta .*

A toute la famille : Boughoufala

*A ma camarade de travail **Zohra**, merci pour tous ce temps que nous avons passé ensemble.*

Je profite de cette occasion pour te dire que je t'aime beaucoup et je te souhaite du succès et du bonheur dans ta vie.

A tous les étudiants de la promotion 2020 /2021

En reconnaissance de leurs aides, gentillesse et leur agréable compagnie.

Leïla

Dédicace

C'est avec une profonde gratitude et sincère reconnaissance.

que je dédie ce travail de fin d'études à mes chères parents, qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairée le chemin par leurs conseils judicieux , j'espère qu'un jour , je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi , qu'Allah leur procure bonheur et longue vie .

*Je dédie également ce travail à mes frères : **Mohamed** et **Abdel Samed** , et surtout à mon très chère père pour ses encouragements durant la réalisation de ce modeste travail.*

*A mes chères sœurs : **Nour Elhouda** , **Loubna** et **Sirine***

*A ma chère amie avant d'être binôme : **Lila***

A tous mes professeurs qui m'ont enseignée, orientée , pour arriver à ce résultat.

Zohra

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier les effets des stress salin et hydrique et thermique sur la germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd., une chénopodiacee qui présente d'importants intérêts socioéconomiques. Les paramètres retenus durant l'expérimentation sont le taux final de germination, le délai de germination et la vitesse de germination qui est déduite en fonction de la germination de 50% des graines. Les résultats montrent que le taux final de germination des graines diminue en réponse à l'augmentation de la concentration de NaCl. Le taux de réduction de la capacité germinative est d'autant plus élevé que la concentration est plus forte. En mesurant le délai et la vitesse de germination, nous constatons que le nombre de graines germées précocement diminue en fonction de l'intensification des concentrations salines ainsi que la vitesse de germination.

Par ailleurs, les essais se rapportant à la mise en exergue de l'effet des quatre concentrations de PEG 6000 sur le comportement des graines ont révélé une baisse des taux finaux de germination en fonction de l'importance de la concentration, ainsi qu'un retard dans le démarrage de la germination et la vitesse de germination.

Concernant le comportement germinatif des graines vis-à-vis du stress thermique, il ressort que le taux final de germination le plus important est obtenu à 25°C avec un taux de 100%. ; la valeur de ce paramètre diminue à 40°C avec un taux de 25%. Sous basse température (4°C) les graines germent jusqu'à un taux de 20%. L'application du stress thermique montre une nette perturbation du délai de germination où le nombre des premières graines germées baisse avec les températures extrêmes. Ces mêmes températures réduisent la vitesse de germination.

Mots clés : *Chenopodium quinoa* Willd ., stress salin, stress hydrique ,PEG, stress thermique, germination.

Abstract (summary) :

The objective of this work is to study the effects of salt, water and thermal stresses on the germination of *Chenopodium quinoa* Willd. seeds, a chenopodiaceae with important socioeconomic interests. The parameters retained during the experimentation are the final germination rate, the germination time and the germination speed which is deduced according to the germination of 50% of the seeds. The results show that the final germination rate of the seeds decreases in response to the increase of NaCl concentration. The rate of reduction in germination capacity is higher with increasing concentration. By measuring the time to germination and the speed of germination, we find that the number of early germinated seeds decreases with increasing salt concentrations as well as the speed of germination.

On the other hand, the tests related to the highlighting of the effect of the four concentrations of PEG 6000 on the behavior of the seeds revealed a decrease in the final germination rates according to the importance of the concentration, as well as a delay in the start of germination and the speed of germination.

Concerning the germinative behavior of seeds towards thermal stress, it appears that the final rate of germination is the most important obtained at 25°C with a rate of 100%; the value of this parameter decreases at 40°C with a rate of 25%. Under low temperature (4°C) the seeds germinate up to a rate of 20%. The application of the thermal stress shows a clear disturbance of the delay of germination where the number of the first germinated seeds decreases with the extreme temperatures. These same temperatures reduce the germination rate.

Key words: *Chenopodium quinoa* Willd ., salt stress, water stress ,PEG, heat stress, germination.

ملخص

إنبات *Chenopodium quinoa* Willd. البذور ، *chenopodiaceae* مع المصالح الاجتماعية والاقتصادية الهامة. المعلمات التي تم الاحتفاظ بها أثناء التجربة هي معدل الإنبات النهائي ووقت الإنبات وسرعة الإنبات التي يتم استنتاجها وفقاً لإنبات 50% من البذور. أظهرت النتائج أن معدل الإنبات النهائي للبذور يقل استجابة لزيادة تركيز كلوريد الصوديوم. معدل الانخفاض في القدرة على الإنبات يكون أعلى مع زيادة التركيز. من خلال قياس وقت الإنبات وسرعة الإنبات ، نجد أن عدد البذور النابتة المبكرة يتناقص مع زيادة تركيزات الملح وكذلك سرعة الإنبات . من ناحية أخرى ، أظهرت الاختبارات المتعلقة بإبراز تأثير التراكيز الأربعة من PEG 6000 على سلوك البذور انخفاضاً في معدلات الإنبات النهائية وفقاً لأهمية التركيز ، بالإضافة إلى حدوث تأخير في معدل الإنبات. بداية الإنبات وسرعة الإنبات . فيما يتعلق بالسلوك الإنبائي للبذور تجاه الإجهاد الحراري ، يبدو أن المعدل النهائي للإنبات هو أهم ما تم الحصول عليه عند 25 درجة مئوية بمعدل 100% ؛ تنخفض قيمة هذه المعلمة عند 40 درجة مئوية بمعدل 25%. تحت درجة حرارة منخفضة (4 درجات مئوية) تنبت البذور بمعدل 20%. يُظهر تطبيق الإجهاد الحراري اضطراباً واضحاً في تأخير الإنبات حيث يتناقص عدد البذور النابتة الأولى مع درجات الحرارة القصوى. نفس درجات الحرارة تقلل من معدل الإنبات.

الكلمات المفتاحية: *Chenopodium quinoa* Willd. ، الإجهاد الملحي ، الإجهاد المائي ، PEG ، الإجهاد الحراري ، الإنبات.



Table des matières

Listes des figures.....	I
Listes des tableaux.....	II
Liste des abréviations.....	III
Introduction.....	01
CHAPITRE I : les stress	
I-Notion de stress.....	03
I-1-Définition.....	03
I-2-différents types de stress abiotique.....	03
I-2-1 stress hydrique.....	03
I-2-2 stress thermique.....	04
I-2-3 stress salin	05
I-3-la plante et le stress	05
I-4-définition de la salinité ;.....	05
I-4-1 type de la salinité.....	06
I-4-1-1 la salinité primaire résulte.....	06
I-4-1-2 la salinité secondaire	06
I-4-2 effet de la salinité sur la germination.....	06
I-4-2-1 -effet osmotique.....	06
I-4-2-2effet toxique.....	07
I-4-3 effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	07
I-5-effet de stress hydrique sur la germination.....	07
I-6-effet de stress thermique sur la germination.....	08
II- Chapitre II : la germination	
II-1- Définition.....	09
II-1-2 condition de germination	09

II-1-2-1 les conditions externe de la germination.....	10
II-1-2-1-1 l'eau.....	10
II-1-2-1-2 l'oxygène.....	10
II-1-2-1-3 la température.....	10
II-1-2-1-4 la lumière	10
II- 1-2-1 les conditions internes de la germination	10
II-1-3 les phases de germination.....	10

CHAPITRE III : la plante étudiée

III-1-historique.....	12
III-2-répartition géographique.....	12
III-3 description botanique.....	13
III-4 classification du quinoa.....	16
III-5 phénologie de quinoa.....	16
III-5-1 levée ;.....	17
III-5-2 deux feuilles vrais.....	17
III-5-3 six feuilles vraies.....	17
III-5-4 ramification.....	17
III-5-5 début de formation de la panicule.....	18
III-5-6 panicule	18
III5-7 floraison	18
III-5-6 grain laiteux.....	18
III-5-7 grain pâteux.....	19
III-5-8 maturité physiologique.....	19
III-6- les intérêts et utilisations du quinoa.....	19
III-6-1 alimentation humaine.....	20
III-6-2 domaine de la santé.....	20
III-6-3 écologie.....	21
III-6-4 domaine cosmétique.....	21
III-6-5 l'industrie	21
III-7-production mondiale de quinoa.....	22

II Matériel et méthode

1- Matériel végétal.....	21
--------------------------	----

2- Région de Pérou.....	22
3- Préparation des graines pour les tests de germination.....	22
4- Protocole expérimentale.....	22
4-1 Les tests de germination des graines de quinoa semis au stress salin.....	23
4-2 Les tests de germination des graines de quinoa semis au stress thermique...	23
4-3 Les tests de germination des graines de quinoa semis au stress hydrique.....	23

II Méthode

1- Préparation de germination.....	24
2- Estimation de taux final de germination.....	24
3- Vitesse de germination.....	24
4- Etude statistique.....	25

III résultats et discussion

1-Sous traitement salin.....	26
1-1 Taux final de la germination.....	26
1-2 Délai de germination.....	27
1-3 vitesse de germination	28
3-Sous traitement hydrique.....	29
3-1 Taux final de la germination.....	29
3-2 Délai de germination.....	30
3-3 vitesse de germination	31
2- Sous traitement thermique.....	32
2-1 Taux final de germination.....	33
2-2 Délai de germination.....	34
2-3 vitesse de germination	35

IV- Discussion.....

Conclusion générale.....	37
--------------------------	----

Référence bibliographique.....	40
--------------------------------	----

Liste des figures

Figure 01 : Différentes phases de germination	11
Figure 02 : Répartition mondiale de la production du quinoa	12
Figure 03 : Phénologie du quinoa	18
Figure 04 : Grain de quinoa-structure intrent	6
Figure 05 : Grains de quinoa mises en germes	7
Figure 06 : Taux finaux de germination des graines de <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress salin	8
Figure 07 : Délai de germination des graines de <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress salin	8
Figure 08 : Vitesse de germination des graines <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress salin	8
Figure 09 : Taux finaux de germination des graines de <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress hydrique	9
Figure 10 : Délai de germination des graines <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress hydrique	9
Figure 11 : Vitesse de germination des graines <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress hydrique	10
Figure 12 : Taux finaux de germination des graines de <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress thermique	10
Figure 13 : Délai de germination des graines <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress thermique	11
Figure 14 : Vitesse de germination des graines <i>chenopodium quinoa</i> Willd sous stress thermique	12

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les concentration salins utilises	12
Tableau 02 : les concentrations hydriques utilises	13
Tableau 03 : les niveaux de signification des taux finaux de germination des délais de germinations et des vitesse de germination sous stress salin	28

Liste des abréviations

<i>al</i>	Collaborateur
APG	Classification phylogénétique
Cl	Chlore
FAO	Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
Fig	Figure
Ha	Hectare
mq	milliéquivalent
Na	Sodium
Ni	Nombre de graines germées
Nn	Nombre de graines germées en Tn
Nt	Nombre total de graines utilisées
PEG	Polyéthylène glycol
Tg	Taux de germination
TMG	Temps Moyen de germination



Introduction générale

INTRODUCTION

Introduction

La salinité est un problème en expansion. Le sel touche plus de 6% de la superficie terrestre mondiale. Le coût annuel global des terres touchées par le sel devrait dépasser largement les 12 Milliards de Dollars Américains (**Flowers et al., 2010**). Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité. Tous ces stress ,salin, hydrique et thermiques sont considérés comme des facteurs limitant du développement des plantes. L'introduction des espèces tolérantes au stress salin est l'une des techniques utilisées pour faire face à ce problème (**Zid et Grignon, 1991**). Il convient de réfléchir aux stratégies possibles pour mettre ces sols en valeur et aux différentes investigations nécessaires pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes pour s'adapter à ces nouvelles conditions environnementales. Pour contribuer à la réhabilitation des régions touchées par l'aridité (**Belkhodja et Bidai , 2004**).

Des recherches physiologiques et biochimiques ont montré que la plante du quinoa est une halophyte facultative (**Sanchez et al., 2003**). 2013 a été déclarée "Année internationale du quinoa" par les Nations unies, dont l'objectif principal était d'appeler l'attention du monde sur la contribution potentielle de ce grain d'or à la sécurité alimentaire (**FAO, 2016**). En Algérie, les essais d'introduction du quinoa sont effectués au niveau des stations expérimentales des institutions de recherche et développement relevant du secteur de l'agriculture.

Cette plante a des concentrations élevées de protéines, tous les acides aminés essentiels, les acides gras insaturés et un faible indice glycémique (GI); elle contient également vitamines, minéraux et autres composés bénéfiques, et est sans gluten par nature. Le quinoa est facile à cuisiner et polyvalent en préparation. (**Gordillo-Bastidas et al., 2016**).

C'est dans ce contexte que nous proposons d'étudier une variété de quinoa (du Pérou), pour estimer sa tolérance à la salinité stress hydrique et stress thermique, durant la phase de germination. Cette phase constitue une étape primordiale dans l'installation des cultures et sur laquelle repose la réalisation de la croissance précoce des plantes et le mode de déroulement des stades ultérieures de développement.

La germination étant un phénomène biologique très complexe, nécessite une bonne compréhension et la maîtrise des facteurs à l'origine. Selon **COME (1970)**, les graines d'un même échantillon germent en des temps différents car elles ne sont pas toutes dans un même état physiologique. La connaissance de la précocité de la germination des graines permettrait

INTRODUCTION

une classification des géotypes (**OBENDORF et WETLAUFER, 1984**). La durée de la germination est aussi souvent citée comme critère possible de vigueur (**PUECH, 1986**) et l'écart entre les premières et les dernières graines germées influe sur la réussite de la plante (**UNGAR et BADGER, 1989**).

L'objectif de notre travail est de tester l'aptitude des graines de quinoa (*chenopodium quinoa* willd) à germer sous différents stress abiotiques (stress salin, stress hydrique, stress thermique)

Ce mémoire est structuré en trois parties :

La première partie, est consacrée à une synthèse bibliographique concernant le thème du travail. Elle présente trois chapitres :

- **Chapitre I** : Généralités sur les stress abiotiques
- **Chapitre II** : Généralités sur la germination.
- **Chapitre III** : Généralités sur le quinoa.

La deuxième partie concerne le matériel et les méthodes utilisées dans cet essai.

La troisième partie est articulée sur les résultats obtenus ainsi qu'une discussion

Le présent travail est achevé par une conclusion générale.

Première partie

Analyse bibliographique

CHAPITRE I

Données bibliographiques

I- NOTION DE STRESS

1- Définition

Le stress est l'ensemble des perturbations physiologiques ou pathologiques provoqué dans un organisme par des agents biotiques (parasites, pathogènes) ou abiotiques (salinité, sécheresse, température, pollution, etc.) (MAAROUF et RAYNAUD, 2007). Les plantes sont généralement soumises à des stress qui se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (ARAUS et al., 2002). Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress :

Le stress biotique, imposé par les autres organismes (insectes, herbivores...).

Le stress abiotique, provoqué par un déficit ou un excès de l'environnement comme la sécheresse, la température extrême, la salinité (VINCENT, 2006). Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant ils sont dû principalement à des facteurs environnementaux (LEZZAR et MEZIANI, 2015), susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population. En effet les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales optimales, elles se trouvent souvent dans des conditions extrêmes qui amènent les organismes à la limite de la survie. Un stress peut l'être pour une plante sans l'être pour une autre. Des facteurs comme l'âge sont importants et avec le réchauffement climatique, la pression exercée par certains stress augmentera très certainement.

2 -Différents types de stress abiotiques

2-1-Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982). Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est

défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (Mckay, 1985 in Bootsma et al., 1996). En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhava Rao et al., 2006). Le stress hydrique entraîne une dégradation des ressources d'eau douce en termes de quantité (surexploitation des eaux souterraines, rivières asséchées, etc.) et de qualité (eutrophisation, pollution par la matière organique, intrusion saline, etc.) (Mouhouche et Boulassel, 1997). Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (Laberche, 2004). La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004). Le stress hydrique est toute restriction hydrique qui se traduit par une baisse de potentiel de la plante suite à une perturbation de son activité physiologique provoquée par un déficit de consommation en eau et communément appelé stress hydrique (Mouhouche et Boulassel, 1997).

2-2- Stress thermique

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, Lorsque la température avoisine ses limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (HAICHOIR, 2009). Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (OUKARROUM, 2007). On appelle températures critiques, les températures minima et maxima au-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation.

2-3-Stress salin :

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme étant le processus pédologique selon lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles acquérant ainsi un caractère salin, C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité. La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale.

La salinité se rencontre en de nombreuses zones arides et semi arides du bassin méditerranéen (**DREVON et al., 2001**). En Algérie les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à : l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel et la conduite empirique des irrigations, Le fort ensoleillement et la faible pluviométrie font accumuler les sels dissous en surface. Ces accumulations transforment profondément les propriétés physique et chimique du sol avec pour conséquence principale un milieu qui devient non productif voir stérile. Le sol est alors colonisé d'une manière plus au moins dense par des peuplements de plantes halophytes.

3 -La plante et le stress :

Le quotidien des végétaux n'est pas de tout repos. En effet, la croissance est, à tout instant, affectée par une multitude de stress environnementaux. Les plantes ont mis en place des mécanismes qui leur sont propres pour percevoir et répondre à toute une série de stress environnementaux tels que la déshydratation, les basses températures, la chaleur, les stress mécaniques comme le toucher ou le vent, les blessures ou encore les infections provoquées par des espèces qui leur sont pathogènes. Tous ces stress environnementaux sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques, moléculaires (expression ou répression de certains gènes) ou physiologiques (**Tafforeau, 2002**).

4- Définition de la salinité

Comme dans tous les pays à climat aride et semis aride, l'évaporation rapide de l'eau pendant la saison sèche a pour conséquence une augmentation de la concentration de divers

sels dans l'horizon superficiel des sols. Ainsi, l'accumulation de ces sels peut modifier l'environnement immédiat des cultures; le développement de la végétation en est alors perturbé. Ces accumulations transforment profondément les propriétés physique et chimique du sol, avec pour conséquence principale, un milieu qui devient non productif (SNOUSSI, 2001).

4-1-Types de la salinité

En général on distingue deux formes de salinité : primaire et secondaire.

4-1-1 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.

4-1-2 La salinité secondaire est d'origine anthropique résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels (Munns et al., 2006).

4-2-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 sel (Ndour et Danthu, 2000). Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production des grains (M'barek et al., 2001). Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété des plantes et cela; soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevé pour permettre la germination (Katembe et al., 1998).

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 :

➤ **Effet osmotique :**

La salinité inhibe l'absorption de l'eau, la mobilisation des réserves et leur transport vers l'embryon. Cependant il existe un seuil critique d'hydratation que l'embryon doit atteindre avant le démarrage des processus germinatifs.

➤ **Effet toxique**

Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination,

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

4-3-Effet de salinité sur la croissance et le développement

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (**Levigneron et al, 1995**).

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (**Rushet Epstein,1981**).

La tolérance d'une culture à la salinité est une valeur relative basée sur les conditions de croissance de cette culture, la résistance au sel dépend de la complexité anatomique et physiologique de la plante (**Zhu, 2001**).

5- Effet de stress hydrique sur la germination

En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période (**Kara et zerguine ; 2016**) où la plante est placée dans un environnement qui amène à ce que la quantité d'eau transpirée par la plante soit supérieure à la quantité qu'elle absorbe.

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice. Le manque d'eau, déficit hydrique représente le stress abiotique le plus sévère (**Chennafi et al.,2006**)

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol, n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de manque d'eau la situation peut se traduire par une absence de levée (**Feliachi et al., 2001**). Le manque d'eau est l'un de principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement.

Au cours de cette phase, c'est le métabolisme des carbohydrates qui se trouve fortement affecté (**Ingram et al., 1996**) à travers la perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. Il a été démontré que le glycéraldéhyde-3-déshydrogénase

cytologique est fortement induite par le déficit hydrique ce qui est l'origine d'un changement de l'acuité de glycolyse (Velaseo et al.,1994).

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

6- Effet de stress thermique sur la germination

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable de sorte qu'elle affecte la germination et la croissance de la plante, dont certaines sont tuées ou lésées par des baisses modérées de température, tandis que certaines plantes sont parfaitement acclimatées et sont capables de survivre au gel (Hopkins ;2003), par exemple les graines de quinoa sont très affectées par les températures élevées de 40°C, ce qui affecte la germination de cette plante et les graines sont exposées à un stress oxydatif qui provoque des modifications dans les constituants des membranes pouvant affecter la sensibilité des membranes à l'attaque des radicaux libres pendant le stockage (Pukacka et Wojkiewicz ;2003). Certains auteurs (Yan and Hunt ; 1999) considèrent que la basse température est l'un des défis environnementaux les plus graves qui menacent les plantes.

II- LA GERMINATION

1- DEFINITION :

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

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

1-2-Conditions de germination

1-2-1- Les conditions externes de la germination

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

➤ L'eau

La germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide, elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division (**Soltner, 2007**).

➤ L'oxygène

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (**SOLTANER ,2007**) : selon **MAZILAK (1982)**, une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après **MEYER et.,al (2004)** l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

➤ La température

La température a deux actions : soit directe par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimique, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (**MAZLIAK ,1982**) soit indirecte par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (**CHAUSSAT et al., 1975**).

➤ La lumière

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

1-2-2- Les conditions internes de la germination

Ces facteurs sont d'ordre structurel et fonctionnel, se rapportant à la qualité des constituants de la graine, reposant sur la qualité de déroulement des différentes phases de sa formation et sa maturité physiologique. Ils englobent la longévité et la maturité des graines (Heller et al., 2004). La longévité se définit par le temps maximal durant lequel ces graines demeurent capables de germer et de donner des plantules viables (Vallade ; 2002). LA maturité d'une graine est atteinte lorsque toutes ses parties constitutionnelles ; enveloppes séminales et amande (tissus de revêtement de l'embryon) soit complètement différenciées morphologiquement (Heller et al., 2004).

3-Les phases de la germination

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

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

termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules (HELLER *et al.*, 2004).

La troisième phase ou phase de croissance post-germinative est caractérisée à nouveau par une entrée d'eau et une augmentation importante de la respiration. La consommation de l'oxygène serait due aux enzymes néosynthétisées. D'après GRAPPIN et ses collaborateurs (2000), l'ABA maintiendrait la dormance au cours de l'imbibition et serait ainsi le facteur qui régulerait l'entrée en phase III. En effet, ces auteurs ont démontré la présence d'une néosynthèse d'ABA dans les premières heures de l'imbibition chez *Nicotiana plumbaginifolia*, qui empêcherait l'accomplissement de la germination.

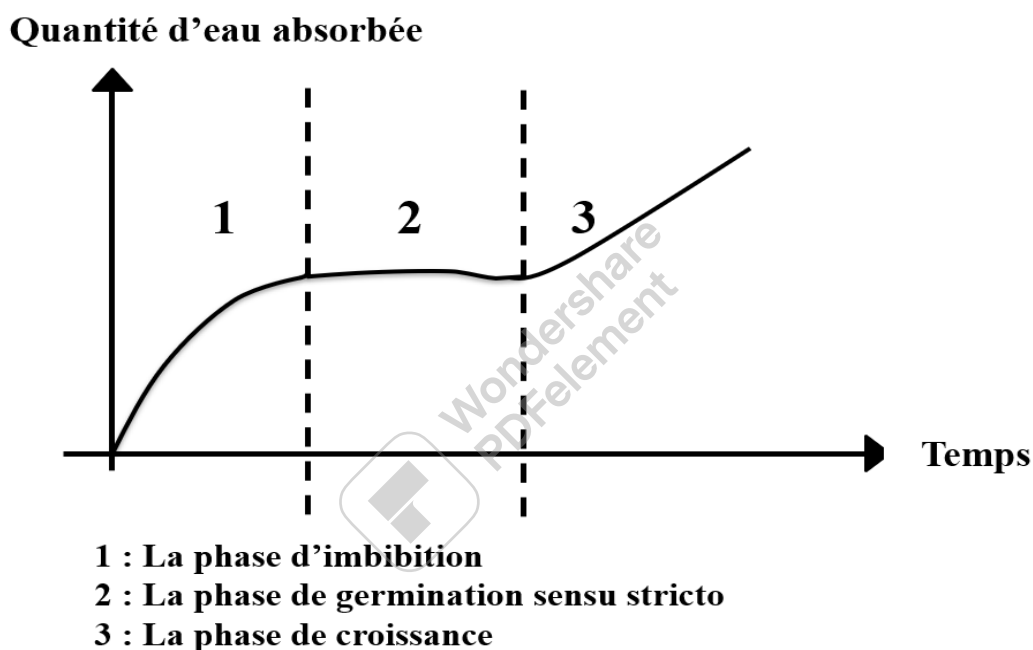


Figure 01: Différentes phases de germination MAZLIAK (1982)

III-La plante étudiée

1-Historique

Le Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) est une plante herbacée annuelle originaire de la région andine de l'Amérique du sud, et plus précisément des alentours du lac Titi caca. Le quinoa est actuellement considéré comme une « pseudo céréale» (Herbillon, 2015). D'après les témoignages historiques, le quinoa aurait été domestiqué il y a plus de 7000 ans par les peuples andins par les peuples autochtones . Les plus anciens vestiges de quinoa ont été retrouvés à Ayacucho au Pérou et dataient de 3000 avant J-C, et en fin des traces ont été découvertes en Bolivie datant de 750 avant J-C (Galwey et al, 1990 in Herbillon, 2015).

2 -Répartition géographique

Le quinoa est une espèce très répandue géographiquement. Elle a des facultés d'adaptation très grandes. Elle est cultivée depuis le niveau de la mer au Chili, jusqu'à plus de 4000m d'altitude sur l'Altiplano boliviano-péruvien, sous des climats allant du froid, aride jusqu'à tropical humide (Touati ; 2018)



Figure 02 :Répartition mondiale de la production du quinoa (FAO, 2011).

3-Description botanique

Vidal Apaza *et al.* (2013) ont décrit les différentes parties de la plante de quinoa comme suite:

➤ La plante



La plante est en érection, atteignant des hauteurs variant de 0,60 à 3,00 m, selon le type de quinoa, les génotypes, la fertilité des sols et des conditions environnementales où il pousse.

➤ Les racines



La racine est pivotante, vigoureux, profonde, très ramifié et fibreux, ce qui confère sa résistance à la sécheresse et une bonne stabilité à la plante

➤ La tige



Elle est cylindrique dans la couronne de la plante et anguleuse de la ramification de coloration variable du vert au rouge, présente souvent des stries et des aisselles pigmentées de rouge, vert ou couleur violette.

➤ Les feuilles



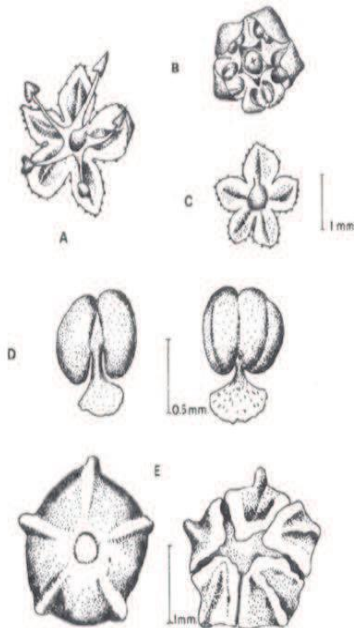
Les feuilles sont alternes et se composent d'un pétiole et d'un limbe. Le limbe des feuilles d'une même plante peut avoir une forme rhomboïdale, triangulaire ou lancéolée, La couleur des feuilles est très variable allant du vert au rouge avec différentes nuances.

➤ Inflorescence



La panicule est typique, composée d'un axe central et de branches secondaires, tertiaire et des pédicelles qui maintiennent les glomérules. L'axe principal est plus développé que le secondaire, il peut être laxiste (amarantiforme) ou compact (glomérule), avec des formes entre eux.

➤ Fleur



Le quinoa présente des fleurs hermaphrodites disposées en inflorescences en grappes, considérées comme de faux épis (panicules). Dans l'étape reproductrice du cycle de la quinoa, l'inflorescence est terminale et de longueur variable (**Tapia et al., 1979 ; Izquierdo et al., 2001**).

A) Fleur hermaphrodite en période d'anthèse ; B) Fleur hermaphrodite avant l'anthèse; C) Fleur femelle ; D) Etamine avant la déhiscence, vue interne et externe, respectivement ; E) Fruit recouvert par le périgone, vue ventrale et dorsale, respectivement

➤ Fruit



C'est un akène, il a une forme cylindro-lenticulaire, légèrement élargie vers le centre. Il se compose du périgonium qui entoure complètement la graine, et contient une graine unique, de coloration variable, qui se détache facilement à maturité.

➤ Graine



La graine est entourée d'un épisperme à coloration diverses. Il existe trois formes de graines : conique, cylindrique et ellipsoïdale. L'embryon est composé de deux cotylédons et d'une radicule et constitue 30% du volume total des graines, qui tourne le péricarpe en anneau.

4-Classification du quinoa

D'après (Rojas et al., 2010) la classification botanique du quinoa est la suivante :

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsidae
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
famille	Chenopodiaceae
Genre	Chenopodium
Espèce	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

5- Phénologie de quinoa

Selon (LEBON VALLET , 2008); Plusieurs échelles de développement ont été décrites pour le quinoa , telles que celle de **Espindola (1994)** en neuf phases , ou celle de **Mujica et Canahua (1989)** en 12 phases , C'est cette dernière que nous avons choisi de présenter ici . Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50 % des plantes sont à ce stade , les différents stades sont illustrés .

➤ **Levée**

Elle correspond à la sortie de la plantule et au déploiement des feuilles cotylédonaire (germination épigée). Elle se produit entre sept et dix jours après le semis, en conditions de germination optimales.

➤ **Deux feuilles vraies :**

Les deux premières feuilles vraies apparaissent 15 à 20 jours après le semis conjointement à une croissance rapide des racines . Elle sont de forme rhomboïdale au contraire des feuilles cotylédonaire lancéolées .Elle sont très sensibles aux attaques d'insectes.

➤ **Six feuilles vraies :**

L'apparition de la troisième paire de feuilles vraies se produit 35 à 45 jours après le semis ,alors que les feuilles cotylédonaire commencent à se flétrir . L'apex végétatif est nettement protégé par les feuilles les plus âgées , en particulier lorsque la plante est soumise à un stress (thermique , hydrique ou salin).

➤ **Ramification:**

A partir du stade huit feuilles , soit 45 à 50 jour après le semis , on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième noeud . Les feuilles cotylédonaire, jaunies tombent et laissent une cicatrice sur la tige . L'inflorescence n'est pas encore visible , recouverte et protégée par les feuilles .

➤ **Début de formation de la panicule :**

L'inflorescence commence à apparaître à l'apex de la plante au bout de 55 à 66 jours, entourée d'une agglomération de feuilles de toute petite taille qui la recouvrent encore en partie parallèlement , la première paire de feuilles vraies jaunit et n'est plus photo

synthétiquement active. La tige s'allonge et son diamètre augmente.

➤ **Panicule:**

L'inflorescence est désormais clairement visible au – dessus des feuilles , ainsi que les glomérules qui la composent . Des boutons floraux individualisés apparaissent , 65 à 70 jours après le semis . (**DELCASTILLO et al , 2008**).

➤ **Début de floraison :**

Les premières fleurs s'ouvrent 75 à 80 jours après. La plante commence à être plus sensible au froid et à la sécheresse.

➤ **Floraison :**

L'ouverture de 50 % des fleurs de l'inflorescence se produit aux environs du 90 ème ou 10 ème jour .

Cette observation doit se faire à la mi – journée, les fleurs se refermant pendant la nuit, C'est durant cette phase que la plante est la plus sensible aux gelées. Les feuilles inférieures, flétries, tombent.

➤ **Grain laiteux :**

Le grain est qualifié de laiteux 100 à 130 jours après le semis , car un liquide blanchâtre en sort lorsqu'une pression est exercée sur le fruit . Un déficit hydrique pendant cette phase peut entraîner une forte diminution du rendement.

➤ **Grain pâteux :**

L'intérieur des fruits devient d'une consistance pâteuse, toujours de couleur blanche ,130 à 160 jours après le semis.

➤ **Maturité physiologique :**

Le grain est plus résistant à la pression, la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité

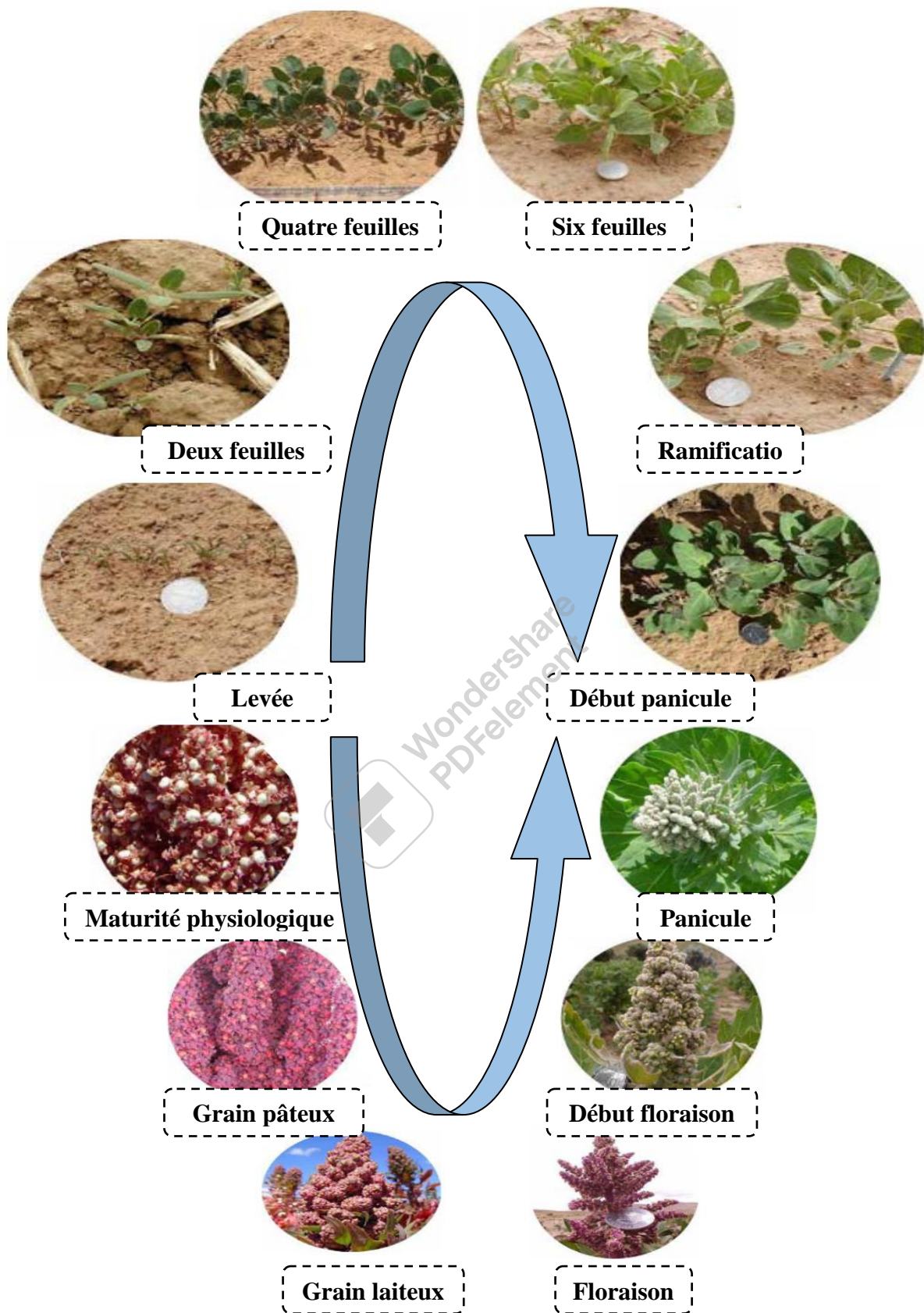


Figure 03 : Phénologie du quinoa (Rodriguez Calle ;2006)

6-les intérêts et utilisations du quinoa

6-1-Alimentation humaine

Avant toute utilisation des grains de quinoa il faut l'enlèvement de saponine (**El Hafid, 2005**). Les grains du quinoa sont utilisés pour préparer des repas après l'enlèvement de la saponine, en l'ajoutant au menu des salades, des viandes, il peut aussi être utilisé pour préparer des gâteaux (**Kabalane et Beridi, 2016**). Ces graines constituent une bonne source de magnésium, de zinc, de cuivre, de potassium et de manganèse. Les grains du quinoa sont consommés comme le riz ou transformés en farine pour la fabrication des pains, pâtes, bière, etc. Ses feuilles sont aussi utilisées comme les épinards dans l'alimentation humaine (**Sibomana, 2017**).

6- 2-Domaine de la santé

Le quinoa dépourvu de gluten et de cholestérol (**Aissa, 2014 ; Chaherli et Saleh, 2015**).

Selon **Rodriguèse (2015) et Gordillo et al .,(2016)** ; le quinoa sert d'alimentation saine pour les diabétiques et ceux souffrant de la maladie coeliaque. Des composés extraits de la saponine de grains de *Chenopodium quinoa* ont une action anti-obésité (**Marrelli et al, 2016**). Un composé présent dans le quinoa permettrait de ralentir le vieillissement et d'améliorer la santé métabolique (**Pouyat, 2018**).

Selon **Cauda et al (2013, in Rajeibi et al ,2015)** et **Chaherli et Saleh (2015)** les feuilles, les tiges et les grains du quinoa sont utilisés pour un but médicinal depuis longtemps par les habitants des Andes à fin de guérir les blessures, réduire l'enflure, calmer la douleur des dents et désinfecter le canal urinaire. Elles sont aussi utilisées dans les cas de saignement et comme insecticide. Les minéraux existants dans le quinoa sont importants pour le renouvellement des cellules du corps humain et pour le développement des tissus (**Aissa, 2014**).

La plante du quinoa contient aussi des fibres alimentaires nécessaires à la santé humaine (**Bhargava et al, 2006 in Rajeibi et al, 2015**).

6-3-Ecologie

Dans les conditions de changement climatique (sécheresse, manque de pluies et l'augmentation de salinité du sol) qui influe sur la production des céréales traditionnelles (blé, riz et l'orge) la culture du quinoa peut jouer le rôle de céréale substitutionnel puisqu'il peut se

développer dans ces conditions, il offre ainsi un plus de l'alimentation et la possibilité d'exploiter les sols salés et secs . Les résultats obtenus aux Emirats Arabe-Unis montrent que le quinoa peut être utilisé pour réhabiliter les exploitations abandonnées du fait de la forte salinité sur les cultures traditionnelles (**Belaid, 2017**).

6-4-Domaine cosmétique

Les experts en nutrition considèrent le quinoa parmi les meilleurs produits antioxydants qu'on peut utiliser dans notre ration alimentaire, et est un meilleur collègue pour les végétariens. Aussi le quinoa a beaucoup d'utilisation dans le domaine des produits cosmétiques (**Al Arabiya, 2015**).

6-5-L'industrie

Selon **Chaherli et Saleh (2015)** le quinoa entre dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Egalement pour l'extraction des huiles alimentaires et fabrication de farine panifiable en mélange avec la farine du blé (**Zaki, 2015**).

La poudre contient des saponines et est utilisée dans la fabrication de savon, champings, dentifrice et même dans les produits détergents (**ROJAS et al., 2004**).

7-Production mondiale de quinoa

En 2015 la production mondiale de quinoa approchait de 229 millions de tonnes, soit 7,3 kg par seconde , avec le Pérou, la Bolivie et l'Équateur comme premiers producteurs et les États-Unis, le Canada et la France comme premiers importateurs. La forte hausse de la consommation mondiale de quinoa entraîne une hausse des prix importante. Le quinoa est un super aliment, désigné comme Plante de l'année par l'ONU en 2013

Deuxième partie

Partie expérimentale

CHAPITRE II

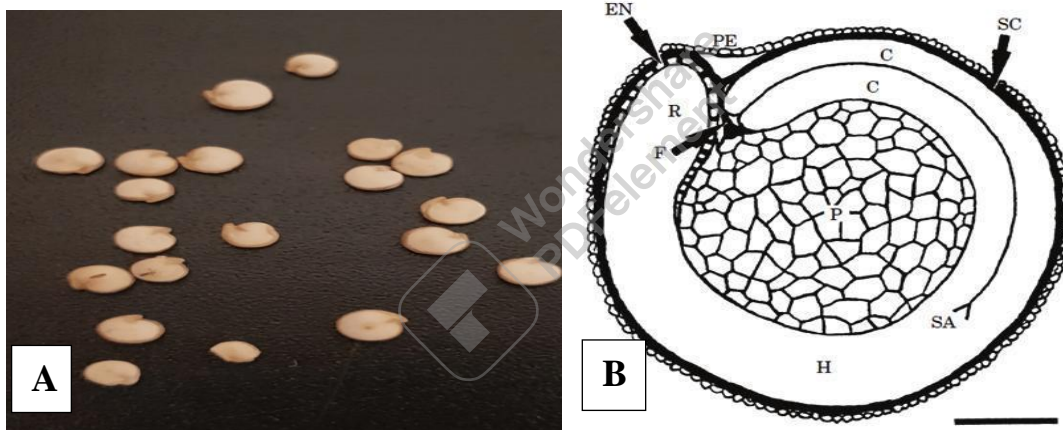
Matériels et méthodes

I-Partie expérimentale

L'expérimentation est conduite au niveau des laboratoires de protection des végétaux et de physiologie végétale de la faculté des Science de la Nature et de la Vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret.

1-Matériel végétal :

Le matériel végétal faisant l'objet de notre étude consiste en des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Quinoa variété blanc), commercialisées et conditionnées dans des emballages, achetés en décembre 2020. La provenance du produit est le Pérou. L'objectif de notre travail est de tester l'aptitude des graines de quinoa (*Chénopodium quinoa* Willd.) à germer sous différents stress abiotiques (salin, hydrique et thermique).



A : graines de quinoa (originale 2020) ; **B** structure interne de la graine :(section médiane longitudinale).Le péricarpe (PE) entoure la graine. L'embryon consiste en un axe hypocotyle-radicule (H) et deux cotylédons (C). L'endosperme (EN) est présent dans la région micropylaire. (F): Funicule; (P): Périsperme; (PE): Péricarpe; (R): Radicule; (SA): Apex; Echelle = 500 μ m (Herbillon, 2015)

2-Région de Pérou : climat et précipitation

Le Pérou s'étend sur 2700 Km d'où une grande variété de climat. Les températures descendent rarement en dessous de 15°C, cependant, l'air peut être saturé d'humidité ce qui donne une sensation de froid durant l'hiver et une chaleur torride durant l'été. En raison de sa position, près de la ligne équatoriale, et du relief très accidenté, le pays présente une multitude de climats qui varient sur de courtes distances en fonction de l'altitude et des régions, donc la météo au Pérou varie grandement d'une région à l'autre (UTCATF, Fichepays Pérou ; 2018).

3- Préparation des graines pour les tests de germination :

Les graines utilisées lors de notre expérimentation sont désinfectées à l'hypochlorite de sodium (5%), trempant ces dernières pendant 3 mn, puis elles sont rincées à l'eau distillée plusieurs fois pour éliminer les traces du chlore. Les graines mises à germer sont disposées dans les boîtes de pétries stériles de 9 cm de diamètre garnies de trois couches de papier buvard à raison de 25 graines par boîte.

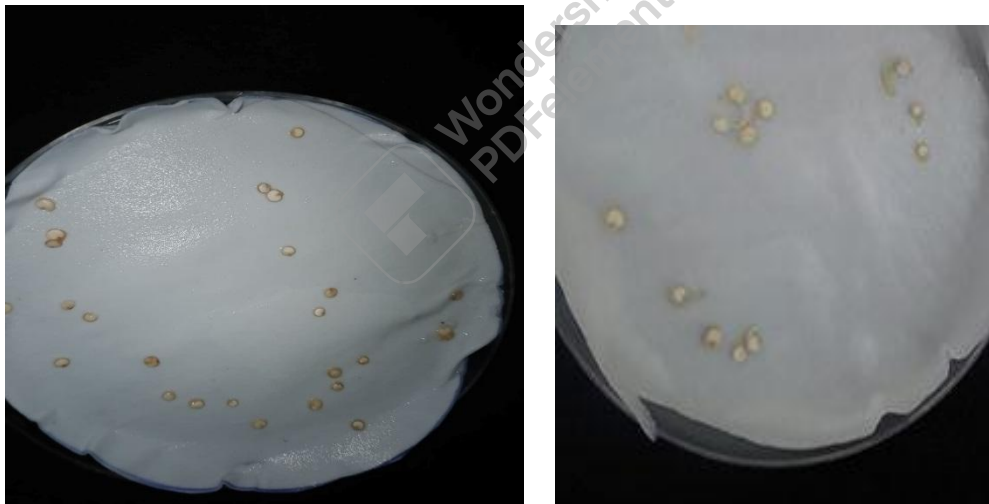


Figure 05 : graines de quinoa mises à germer

4-Protocole expérimental :

Pour chaque traitement 100 graines sont utilisées, disposées dans les boîtes de Pétri(fig.05). Chaque boîte contient 25 graines. Les graines de chaque boîte de Pétri sont imbibées avec 5 ml d'eau distillée pour les lots témoins ainsi que les graines traitées au stress thermique. Le même volume des différentes solutions salines est appliqué pour les graines stressées à la salinité. Egalement la même quantité des différentes solutions de PEG 6000 est utilisée pour imbiber les graines sous stress hydrique. L'opération d'imbibition est refaite au besoin. Le comptage des graines germées est effectué régulièrement chaque 24h.

➤ **Les tests de germination des graines de quinoa soumises au stress salin :**

Les solutions salines utilisées dans ce travail sont préparées à base d'eau distillée et de NaCl. Les essais de germination comportent cinq traitements salins, les concentrations choisies sont 50 meq, 100mq, 200meq, 300meq ,500meq en plus du lot témoin imbibé à l'eau distillée.

Tableau 03 : les concentrations salines utilisées

Solution	Concentration de NaCl (meq/L)	NaCl en g /L
Solution témoin (eau distillée)	0	0
Solution 1	50	2,922
Solution 2	100	5,844
Solution 3	200	11,688
Solution 4	300	17,532
Solution 5	500	29,22

➤ **Les tests de germination des graines de quinoa soumises au stress thermique :**

Les boîtes de pétri concernées par le traitement thermique sont disposées à différentes températures. Un lot est mis dans un réfrigérateur à 4°C, un lot est traité à 25 °C dans une étuve enfin un dernier lot est mis à 40 °C dans une étuve.

➤ **Les tests de germination des graines de quinoa soumises au stress hydrique :**

Le stress hydrique est induit par le PEG 6000. Les boîtes de pétri sont mises à une température de 25 °C. Les concentrations sont inspirées de **VILLELA et al.,(1991)**

Tableau 04 : les concentrations du stress hydrique utilisé

Concentration en g/L
Témoin
4g\l
8g\l
16g\l
24g\l

II- Méthodes

1-Estimation du taux final de germination

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

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

(Tg : Taux de germination)

2-Précocité de germination

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

Ce paramètre est déterminé lorsque nous observons les premières graines germées. Dans ce cas, la précocité de la germination est exprimée par le taux des premières graines germées correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées **(BELKHODJA, 1996)**.

3-Vitesse de germination

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

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

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

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

N1 : Nombre de graines germées au temps T1

N2 : Nombre de graines germées au temps T2

N3 : Nombre de graines germées au temps T3

Nn : Nombre de graines germées au temps Tn

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

$$Z_n = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$$

$N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ représentent les pourcentages de graines germées après 1 jour, 2 jours, 3 jours,, n jours.

Nous retenons dans notre expérimentation le temps nécessaire à l'obtention de 50% de germination.

4-Etude statistique : Les tests statistiques de signification concernant toute l'expérimentation sont réalisés à l'aide de l'analyse de la probabilité ($p=5\%$) utilisant



Troisième partie

Résultats et discussion



CHAPITRE III

Résultats et discussion

I-Résultats :

1-Sous stress salin

1-1-Taux final de germination

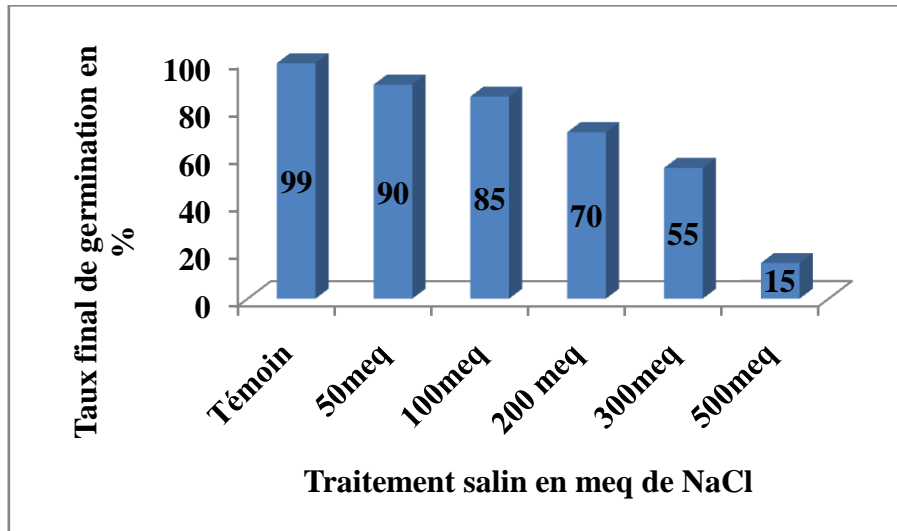


Figure 06 : Taux finaux de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd sous stress salin

La figure 06 représentant les taux finaux de germination chez les graines de quinoa soumises aux différentes concentrations salines de NaCl, révèle une diminution de ce paramètre avec l'intensification du traitement. En effet les graines imbibées à l'eau distillée germent avec un taux de 99%. Avec l'augmentation de l'apport du sel dans les solutions d'imbibition ce paramètre montre les valeurs suivantes : 90 ; 85 ; 70 ; 55 et 15 % respectivement pour les traitements suivants : 50 ; 100 ; 200 ; 300 et 500 meq de NaCl.

1-2-Délai de germination

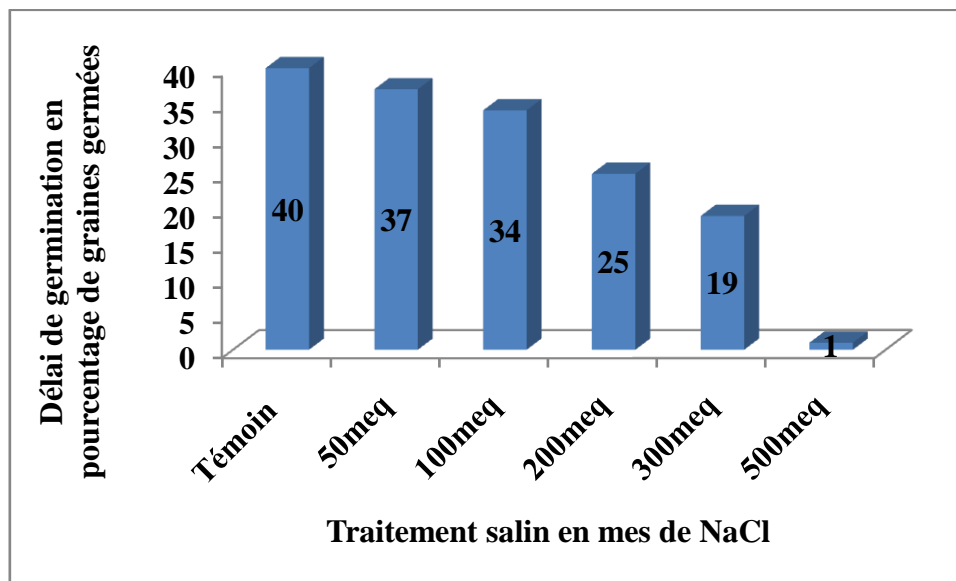


Figure 07 : Délais de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd sous stress salin

La figure 07 met en évidence les délais de germination chez les graines de quinoa sous stress salin. Il est à noter que ce le délai de germination est calculé en fonction des premières graines germées. Dans notre cas ces valeurs sont relevées après 24 heures de la mise des graines à germer. Le taux le plus faible (1%) est retenu chez les graines imbibées avec 500 meq de NaCl

Avec les lots traités avec 50 ; 100 ;200 et 300 meq nous relevons respectivement les délais suivants (37 ; 34 et 30%) de graines germées au bout de 24heures. Le lot témoin affiche un taux de 40% de graines germées après 24heures toujours.

1-3-Vitesse de germination

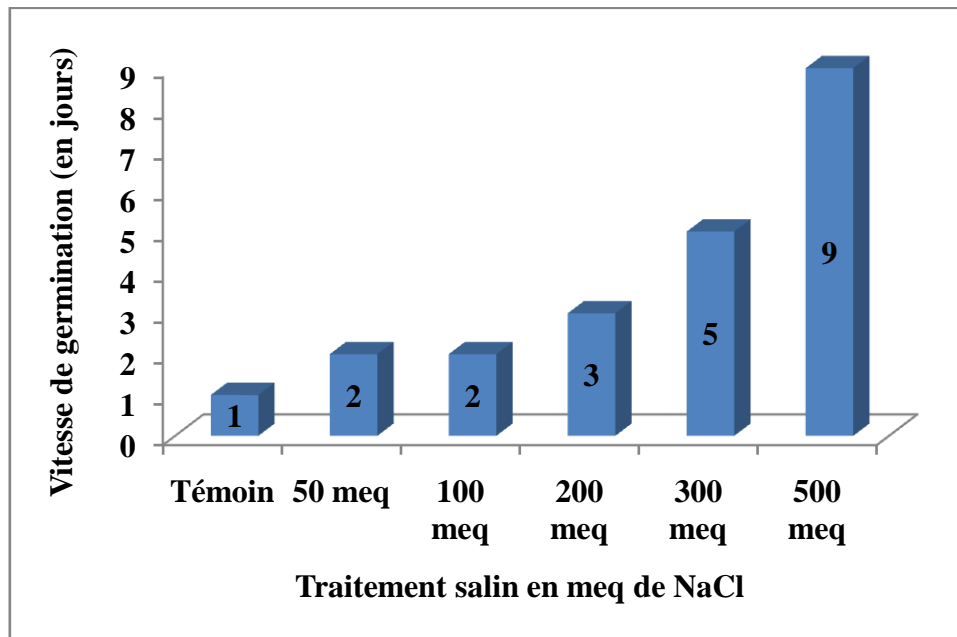


Figure 08 : Vitesse de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd. Sous stress salin

La figure 08 met en exergue la vitesse de germination des graines de quinoa sous stress salin au NaCl. La vitesse de germination est définie de plusieurs manières. Dans notre cas nous retenons la vitesse de germination comme étant le temps nécessaire (en jours) pour que 50% des graines germent. Les valeurs obtenues sont les suivantes : 1 ; 2 ; 2 ; 3 ; 5 ; et 9 jours respectivement pour les lots suivants : Témoin puis 50 ; 100 ; 200 ; 300 et 500 meq de NaCl.

Tableau 03 : Les niveaux de signification des taux finaux de germination, des délais de germination et des vitesses de germination sous stress salin

Paramètre	Traitements						Signification
	Témoin	50meq	100meq	200meq	300meq	500meq	
Taux final de germination	99	90	85	70	55	15	0,000
Délai de germination	40	37	34	25	19	1	0,000
Vitesse de germination	1	2	2	3	5	9	0,000

2-Sous stress hydrique

2-1- Taux final de germination

Bien qu'il ne reflète pas intégralement le comportement des plantes dans leurs conditions naturelles, le taux de germination, en conditions de stress hydrique, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des plantes étudiées (**Ben Naceur et al., 2001**). La figure 09 montre que, quelle que soit le traitement, la capacité germinative des graines stressées ne présente pas une baisse notable par rapport au témoin. En effet le lot témoin présente un taux de germination de 100%, ces valeurs présentent une baisse légère au niveau des graines traitées à la solution de PEG 6000. Nous notons respectivement pour 4, 8, 16 et 24 g/l les valeurs suivantes ; 99, 96, 90 et 89 % de graines germées au total.

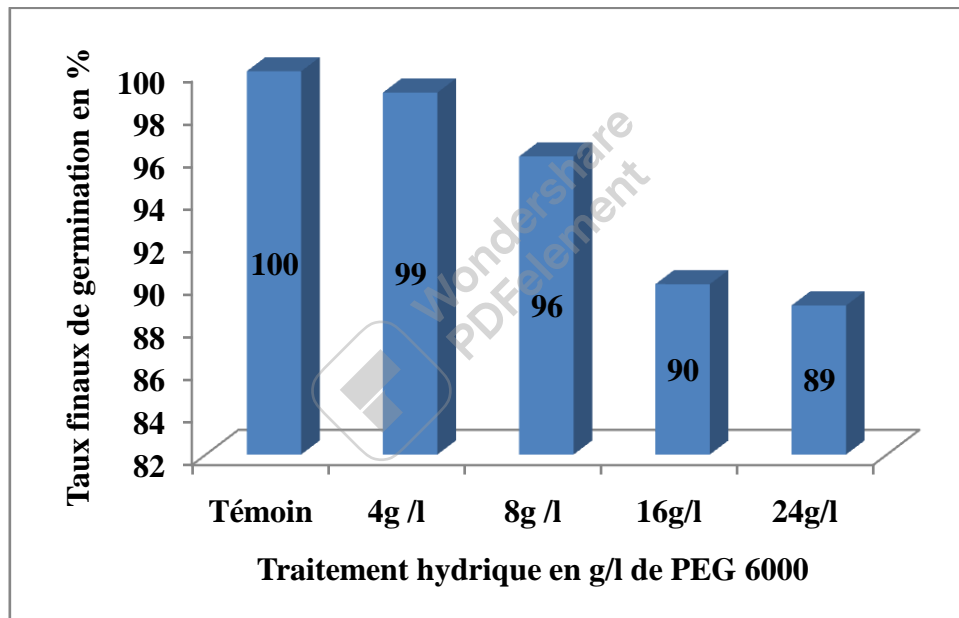


Figure 09 : Taux finaux de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd Sous stress hydrique

2-2- Délai de germination

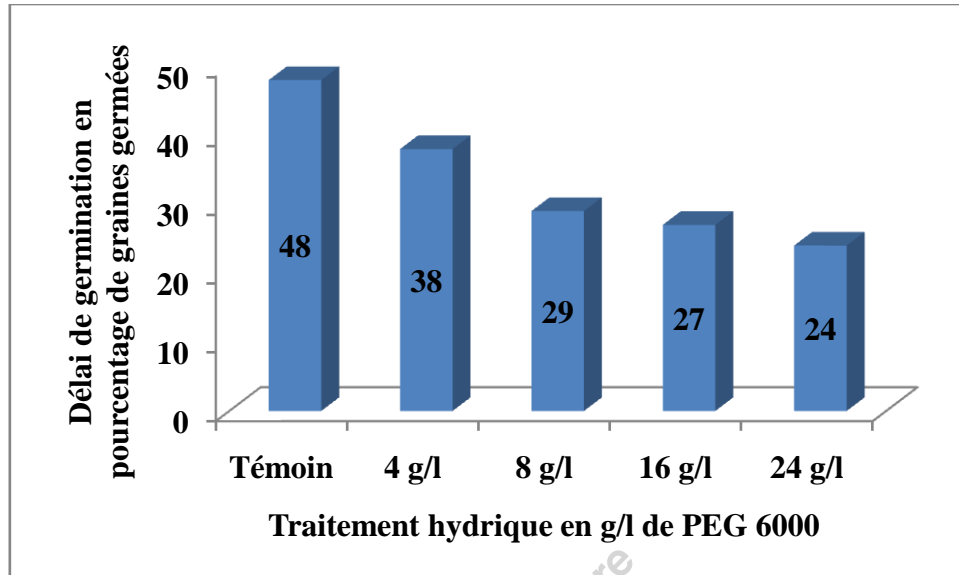


Figure 10 : Délai de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd sous stress hydrique

La figure 10 figurant ci-dessus, représente le délai de germination chez les graines de quinoa sous stress hydrique. Il faut noter toujours que ce paramètre est calculé en notant les pourcentages de graines germées pendant un certain délai. Ces taux sont obtenus après 24 heures du semis. Les résultats sont de 48 % chez le lot témoin, les graines imbibées avec les concentrations de 4, 8, 16 et 24 g/l présentent les délais respectifs suivants : 38, 29, 27 et 24 %.

2-3- Vitesse de germination

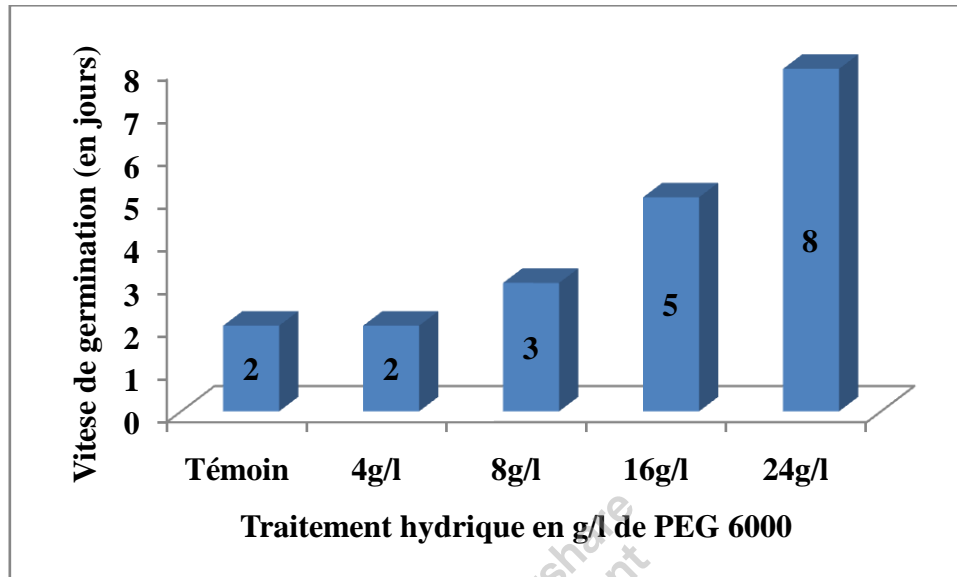


Figure 11: Vitesse de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd. Sous stress hydrique

La vitesse de germination qui dans notre cas est estimée en prenant en compte le temps nécessaire pour que 50 % des graines germent est influencée par le stress hydrique (Figure11). Le temps s'allonge en fonction de l'intensité du stress hydrique. En conditions normales,(chez le témoin) le temps estimé est de deux jours ainsi que pour le traitement à 4g/l. Chez les graines imbibées à 8g/l il se passe trois jours pour 50% des graines germent. Les graines qui subissent une imbibition de 16g/l et 24g/l expriment durant ce paramètre des valeurs respectives de cinq et huit jours.

3-Sous stress thermique

3-1- Taux final de germination

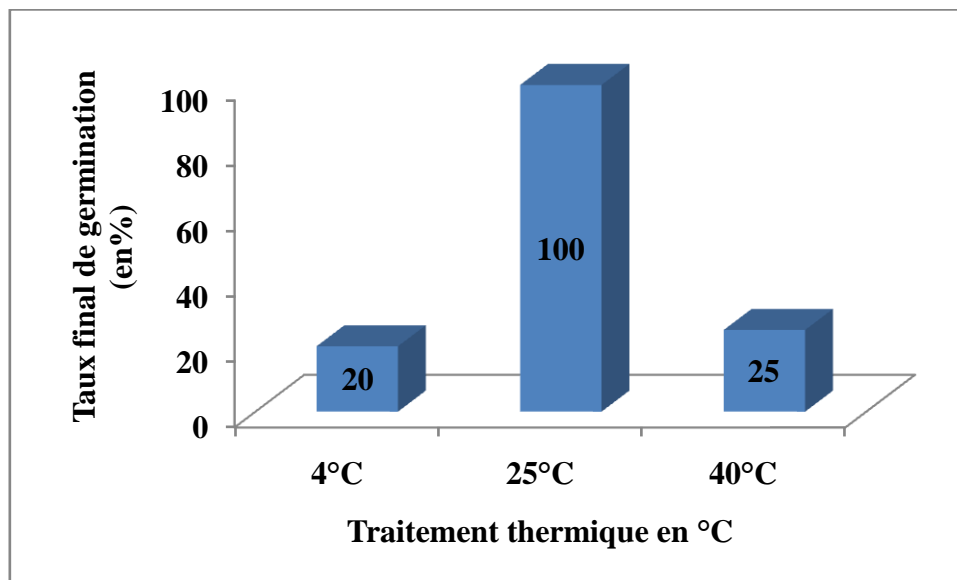


Figure 12 : Taux finaux de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd sous stress thermique

Les résultats obtenus et illustrés sur la figure 12 montrent que la germination des graines du quinoa subit une variation en fonction de la température. La germination est optimale à 25°C où elle présente 100 % de graines germées. Elle présente une certaine inhibition à 4°C et 40°C, où ce paramètre affiche 20% et 25% de graines germées.

3-2- Délai de germination

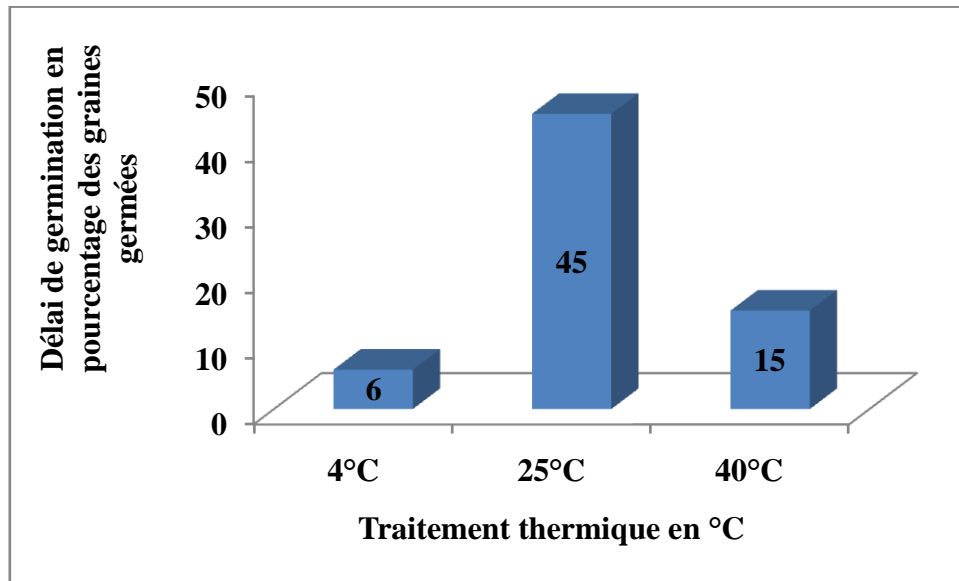


Figure 13 : Délai de germination des graines *Chenopodium quinoa* Willd Sous stress Thermique

La figure 13 représentant la variation du délai de germination selon les différentes températures, il ressort de cette figure que le délai de germination est de 24 heures dans tous les cas des traitements. Les différences résident au niveau des pourcentages de germination après les 24 heures. A 4 °C nous notons 6%, à 25 °C nous remarquons respectivement 45%. Chez les graines mises à 40 °C, nous comptons 15% de graines germées durant ce même temps.

3-3- Vitesse de germination

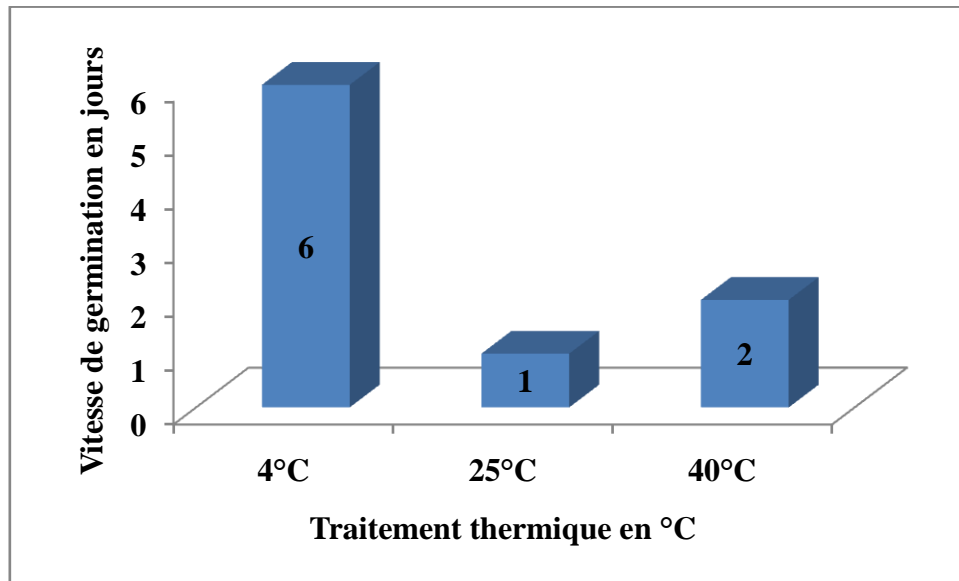


Figure14 : Vitesse de germination des graines *Chenopodium quinoa* Willd Sous stress Thermique

La figure 14 qui traite la vitesse de germination sous stress thermique, met en évidence des changements concernant traitement sous les différentes températures. 50% des grains germent au bout de 24h chez le lot mis à germer à 25°C. Les graines traitées à 4°C et 40°C expriment ce paramètre respectivement à six jours et deux jours.

Discussion :

Les grains de quinoa obtenu à partir du commerce ont été triées à la main pour éliminer celles qui sont concassées et petites avant le début de l'expérience. Les résultats ont révélé que la germination de *Chenopodium quinoa* Willd. Est affectée par la salinité dans le milieu, ainsi que par les températures extrêmes et le manque d'eau.

La germination est une phase physiologie pendant laquelle la graine passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie active (**Caboche et al.1998**). Elle est définie comme la somme des évènements qui conduisent la graine sèche à germer : cela commence par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine (**Othman 2005**), se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon (**Shereena and nabeesa 2006**). La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques ainsi que par les conditions environnementales (**Ndaur et Danthu, 1998**). Parmi les facteurs de l'environnement, la quantité et la qualité de l'eau du milieu de germination constituent des paramètres déterminants, sur lesquels repose la réalisation des différentes étapes de la germination.

Bien que **Prado et al., (2000)** dans leur étude ont établi que le niveau de salinité a retardé le début de la germination dans *C. quinoa*, mais n'a pas affecté le pourcentage de germination finale, dans notre expérimentation ces paramètres ainsi que la vitesse de germination sont directement influencé par ce stress abiotique.

Des salinités relativement élevées affectent la germination de 2 façons ; en réduisant le potentiel osmotique qui empêche ou retarde l'absorption d'eau et / ou par l'intoxication de semences à travers l'absorption du sel du milieu. **Läuchli et Grattan (2007)** ont signalé que l'âge de la graine est parmi les facteurs qui influencent la sensibilité au sel des graines. Le stress de la salinité retarde le processus de germination et parfois il ne peut y avoir aucune différence dans le pourcentage de graines germées lors des traitements salins, du faible à l'extrême. Également ils attestent que pendant la phase germination résulte de la distribution d'ions potentiellement toxiques (Na^+ , Cl^-) et des ions essentiels K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} et SO_4^{2-} respectivement au péricarpe.

(**Isabelle Adolfa et al., 2012**) rapportent que les halophytes peuvent faire face à des niveaux de sel élevés pendant la germination. Cependant, il a été démontré dans plusieurs études que même les halophytes sont relativement sensibles à la salinité au cours des étapes de la germination et de l'émergence des semis.

Les données de la littérature ont rapporté que la salinité affecte la germination des graines en réduisant la facilité d'absorption d'eau donc une difficulté d'hydratation des semences en raison du potentiel osmotique élevé (**Thiam et al., 2013**). Par conséquent, l'hydrolyse des réserves alimentaires stockés dans les tissus et leurs translocations, vers l'axe de l'embryon sont limitées (**Misra et Dwivedi, 2004**). De plus, (**Yildirim et Guvenc, 2006**) soulignent que la salinité affecte la germination, en facilitant l'absorption des ions toxiques, qui peuvent causer des changements des activités enzymatiques ou hormonales des semences.

Le passage de la vie latente à la vie active de la graine nécessite comme il est connu son imbibition. Au fur et à mesure que la teneur en eau augmente, l'intensité respiratoire croît et par suite les besoins en oxygène. Mais le phénomène respiratoire, l'hydrolyse des réserves et les activités enzymatiques qui font suite demeurent sous la dépendance de la température.

Dans notre expérimentation le traitement hydrique et thermique a également des effets notables sur les paramètres étudiés. Dans les littératures il est dit que le seuil de température pour la germination du gombo est de 16°C, une basse température retarde la germination (**Hussain et al., 2006**). Chez le tournesol, le seuil de température pour la germination est de 4°C, une température d'au moins 8 à 10°C est nécessaire pour une bonne germination suite à un semis direct au champ (**Ebrahimi 2008**). Chez le colza, l'optimum thermique se situe entre 15 et 25°C, la germination est inhibée à 5°C (**Puppala et al., 1999**). Les basses températures ont entraîné un retard ainsi qu'une diminution du pouvoir germinatif des graines du colza (**Acharya et al. 1983, Kondra et al. 1983, King et al., 1986, Barber et al., 1991, Wilson et al., 1992**).

Dans notre travail nous notons que 25 °C présentent une très bonne température pour la germination de cette espèce. Alors que les températures basses (4°C) et élevées (40°C) perturbent tous les paramètres étudiés. Nos résultats corroborent avec ceux établies par (**Benfadel ,2020**).

La germination des graines nécessite la mobilisation des réserves accumulées au cours de la maturation dont leur dégradation apportera l'énergie nécessaire à la croissance de la plantule. Cette mobilisation est la résultante des activités hydrolytiques qui libèrent les nutriments à partir des tissus de réserve, d'une part, et des mécanismes de leur transport vers les tissus embryonnaires, d'autre part (**Mihoub et al., 2005**). Selon les espèces, ces réserves peuvent être majoritairement de nature glucidique, lipidique et/ou protéique (**Khemiri et al., 2004**). La température présente un facteur limitant de toute première importance, car elle

contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la reproduction, l'activité et la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivant dans la biosphère (**Ramade E, 2003**). La respiration, l'hydrolyse des réserves et les activités enzymatiques demeurent sous la dépendance de la température. En effet, toute variation de la température d'incubation peut affecter en plus de l'activité de certaines enzymes, certains processus indispensables pour le contrôle de la germination comme la perméabilité membranaire et l'extensibilité de la paroi (**Bewley and Black 1992; Gul and Waber 1999**).



Conclusion générale



Conclusion générale

En Algérie les grandes superficies cultivées se situent dans les zones arides et semi-arides qui sont caractérisées par le manque d'eau et les hautes températures qui constituent un problème majeur dans le domaine d'agriculture. Pour cela l'étude des paramètres d'adaptation des nouvelles espèces tel que le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) qui a un potentiel important de tolérance à ces stress constitue une solution durable notamment dans les régions à climats aride et semi-aride. Dans notre étude on a conclu que la germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd est beaucoup plus affectée par le manque d'eau et la salinité et le stress thermique. Le maintien des plantes dans des conditions environnementales limitantes dépend en premier lieu de la réussite de la germination, ce qui rend la germination une phase essentielle dans le développement d'un végétal. Plusieurs facteurs interagissent dans la régulation de la germination (eau, température, lumière et salinité). Le manque d'eau engendrant une diminution du potentiel hydrique qui affecte l'imbibition des graines en germination. Cette difficulté limite la réactivation de l'activité métabolique notamment les activités enzymatiques qui inhibe ainsi tout fonctionnement cellulaire, Le stress causé par la salinité est donc à la fois un stress de déshydratation (déficit hydrique) et un stress ionique. Le stress ionique conduit rapidement à la destruction des biomembranes, parce que les déséquilibres ioniques résultent non seulement de l'altération des relations de concentrations mais également des changements du potentiel membranaire. Le stress thermique induit l'inhibition ou la réduction des taux de germination qu'est probablement due à la détérioration des membranes, plasmique ou mitochondriale ce qui provoque des difficultés dans les processus physiologiques telles que la respiration. Le stress thermique induit un déséquilibre métabolique général. Le signal thermique est traduit par des modifications d'activités enzymatiques et des variations d'intensité et des échanges se manifestent par des modifications du métabolisme général et, par voie de conséquence, sur la nature et la répartition des métabolites.

Il faut souligner que dans la nature les effets de plusieurs stress abiotiques sont conjugués. Dans notre travail une seule variété de quinoa est étudiée, les résultats montrent une sensibilité des graines aux différents stress. Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- de poursuivre ces travaux en multipliant les variétés et de continuer les expériences des stades plus avancés, afin d'étudier l'effet des stress abiotiques sur la production et

Conclusion générale

d'étudier en détail d'autres caractéristiques que celles qui prévalent au moment de la germination. Ceci peut contribuer à mieux cerner l'espèce et ses exigences.



Références bibliographiques



Wondershare
PDFelement

Références bibliographiques

- **Acharya SN, Dueck J, Downey RK (1983)** Selection and heritability studies on canola rapeseed for low temperature germination. *Can J Plant Sci.* 63: 377–384.
American society of Horticulture science proceedings 23,176-184.
- **ARAUS J. L ; SLAFER G.A ;REYNOLDS M.P et ROYO C ., 2002** –Plant breeding and drought in C-3 cereals : what should we breed for ? *Ann.Bot* (89) 925-940
- **Barber SJ, Rakow G, Downey RK (1991)**. Laboratory and growth room seed vigor testing of certified canola seed. GCIRC Rapeseed Congress, section C-09, pp. 727–733.
- **Benmahammed, A., Bouzerzour, H., & Benbelkacem, A. (1999)**. Synthèse des activités de sélection des céréales des stations de Sétif, Khroub, Tiaret et Sidi Bel Abbas. Document interne, Institut Technique des Grandes Cultures, Sétif.
- **Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A., & Bouzerzour, H. (2010)**. Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14: 177-186.
- **Belkhoudja .M 1996** : Action de la salinité sur le comportement physiologique , métabolique chez la fève (vicia faba) thèse de doctorat Es science Naturelles , univ oran , 255P
- **BEWLEY ,J.D.,1997** – seed germination and dormancy . *plant cell* 9 :1055-1066
- **Boyer J.S., 1982-Plant** productivity and environment . *Science* , Vol . 218 , pp.443-448
- **Bray E et Ziegler p.1989**. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. *AnnualReview of plante physiologie. And plant mol. Bio.*, 40 :95-117p.
- **Chennafi et al 2006**.yield response of wheat(*triticum durum* desf) cultivar waha .to deficit irrigation under semi arid growth condition –*A sian .journal plant.Science*,5 :854-860.

Références bibliographiques

- **CHAUSSAT R et LEDEUNFF Y ., 1975** –la germination des semences.ED .Bordars ,paris , 232p
- **Côme D. 1970.** Les obstacles à la germination. Masson et Cie. 162 pp.
- **DEL CASTILLO C.,GREGORY M . ET WINKEL T .,2008.** Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente "bio- équitable "Biotechnol . Agron .Soc Environ .,12(4):421-435.
- **Ebrahimi A (2008).** Contrôle génétique de la qualité des graines chez le tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse de Doctorat en Agrosystèmes, Ecosystèmes et Environnement, Université de Toulouse, France. 168p.
- **FAO. 2007.**Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>. (31.5.2008/13:28).
- **Feliachi K, Amroune R et khaldoune.2001.** Impact de la sècheresse sur production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie : céréaliculture N035.ED.ITGC.Algérie.
- **Fellahi, Z. E. (2013).** Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Mémoire de Magister, Faculté des Sciences Agrovétérinaires et biologiques, Département des Sciences Agronomiques. Université Saad Dahlab de Blida, 124 p.
- **HELLER R . ESNAULT R et LANCE C ., 2004** –plant physiology 1 Tome I .Nutrition .Dunod ,Paris ,pages : 350 .
- **Herbillons.2015** : le quinoa Intérêt- nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Thèse doctorat en pharmacie. Université de Rouen u .f.v de médecine et de pharmacie france.p :27,50
- **HopkinsW. G .,2003.**physiologie végétale .traduction de la 2^{ème} édition américaine par serge .R.Ed.de Boeck,p.66-84
- **Hopkins. G ,2003.**physiologie végétale : De Boeck supérieur.

Références bibliographiques

- **Hussain S, Sajid M, Amin M, Alam NU, Zafar I (2006).** Response of Okra cultivars (*Abelmoschus esculentus*) to different sowing times. *Journal of Agriculture and Biological Science* 1: 55-59.
- **Ingram Jet Bartlqz D .1996.**the molecular basis of dehydrationtolerance in plants. *Annula Review of plant physiologie. And plant mol. Biologie*, 47 :377-403p.
- **Isabelle Adolfa V. Jacobsena S. Shabalab S. 2012.** Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) EEB-2568; No. of Pages 12
- **JACQUARD C . , 2007-**Embryogéénese pollinique chez l'arge (*Hardern will gar L*): importance du prétraitement . thèse doctorat univ . Reines champagne .Ardenne,p :25-26
- **Kara et Zergune .2006 :** Dosage des anthocayanes et de la glycine bêtime en conditions de stress hydrique et étude des mécanismes de tolérance chez dix variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf) Mémoire université des frères mentouric .Constantine :P :1-9-19-28-29-34.
- **Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell JP., 1998.** Effect of salinity ongermination and early seedling growth of two Atriplex species (*Chenopodiaceae*). *Ann. Bot.* (1998) 167-75.[11] Mayer AM, Poljakoff-Mayber A.
- **King JR, Kondra, ZP, Thiagarajah MR (1986).** Selection for fast germination in rapeseed (*Brassica napus* L. and *B. campestris* L.). *Euphytica* 35: 835–842.
- **Kondra ZP, Campbell DC, King JR (1983).** Temperature effects on germination of rapeseed (*Brassica napus* L. and *B. campestris* L.), *Can. J. Plant Sci* 63: 1063–1065.
- **Kotowsk ; F.1926 :**Temperature , relations to germination of vegetable seed
- **Laala, Z. (2010).** Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et conditions semi-arides. Mémoire de magister, Faculté des Sciences, Département d'Agronomie. Université Ferhat Abbas, Sétif. 97p.
- **Laberche J-C . 2004.** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale. Dunod. 2e* (éd). Paris: 154 -163 p. les composantes chez des populations F3 de blé dur

Références bibliographiques

- (*Triticum durum* Desf.) sous
- **Läuchli, A., and Grattan, S. R. (2007).** “Plant growth and development under salinity stress,” in *Advances in molecular-breeding towards salinity and drought tolerance*, M. A. Jenks, P. A. Hasegawa, and S. M. Jain, eds., Springer-Verlag, New York, 1–31.
 - **LEVIGNERON A.LOPEZ F.VANSUYT G. BERTHOMIEU P. FOURCROY P. et CASSE DELBART F.,1995** –les plantes face au stress salin *cahiers agricultures* ,4,263-273
 - **M’barek ., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Inst Nati de Reche Agro de Tunisie. Sécheresse* Volume 12, Numéro 3, 167-74.
 - **Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K. 2006 .** Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 1-14 p.*
 - **MAROUF A . REYANAUD J ,2007** –la botanique de A à Z . 1662 définitions Ed Dunod :p.286
 - **MAZLIAK P .,1982** –croissance et développement . physiologie végétale II.Hermann ed .,paris , collection Méthodes ,465p
 - **MEYER S ;REEB C et BOSDEVEIX R .,2004** – botanique ,biologie et physiologie végétale .Ed .Moline ,paris,461p
 - **Mouhouche B. & Boulassel A. 1997.** Gestion rationnelle des irrigations des compléments des cultures de légumineuses alimentaires et céréales.*Recherche agronomique.INRA.1:21-31p.*
 - **Misra N., Dwivedi U.N., 2004.** Génotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. *Plant science*, 166: 1135-1142.
 - **Mujica A., Canahua A. 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow).** In: *Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica*. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. p. 23-27.
 - **Munns R et James R, Läuchli A, 2006:** Approaches to increasing the salt tolerance

Références bibliographiques

- of wheat and other cereals. *Journal of Experimental*.
- **NETTING A ,2002** –Ph , abscissic acid and the integration of metabolism in plants under stressed and non-stressed conditions –II- modifications in modes of metabolism induced by variation in the tension of the water column and by metabolism induced by stress . *Journal of Experimental Botany* 53(365) :151-173
 - **NDAUR P. et DANTHU P., 1998.** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains: 105-122.
 - **Ndour P et Danthu P., 2000** : Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africain. *Projet National de Semences Forestières du Sénégal*. 11 p.
 - **OBENDORF R.L and WETTANFEER S.H.,1984** –precocious germination during in vitro growth of Soybean seeds .*Plant physiol* .76p
 -
 - **RAJJOU L.GALLARDO K. DEBEAUJON I ;VANDEKERCKHOVE J ; JOB C et JOB D .,2004** – the effect of alpha –amanitin on the *arabidopsis* seed proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination .*plant physiol* 134,1598_613
 - **Rejili M., Vadel M A., Neffat P. M., 2006.** Comportements germinatifs de deux populations .
 - **RENADR. J. L, and Ouillec , G .1975** : L’Helminthosporiose du cocotier Etudes préliminaires , *Oléagineux* 30(5) : 2009-2013.
 - **Rojas W ,Pinto.,Soto J.L.,2010.**Distribucion geográfica y variabilidad genética de los granos Andinos: Avances , logros y experiencias desarrolladas en quinua , canahua y amaranto en Bolivia . *Bioversity International* 2010. <http://www.proipa.org/index.php?>
 - **Rojas W ,Pinto.,Soto J.L.,2004.**Distribucion geográfica y variabilidad genética de los granos Andinos: Avances , logros y experiencias desarrolladas en quinua , canahua y amaranto en Bolivia . *Bioversity International* 2010. <http://www.proipa.org/index.php?>
 - **Prado F.E. Boero C. Gallardo M. González J.A. 2000.** Effect of NaCl on germination
 - **PUECH J.,1986** _Successive attempts to introduce the soybean and their

Références bibliographiques

- consequences . CETIOM, Jean –Mar .p. 9-12.
- , growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. seeds. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41, 27–34.
 - **Puppala N, Fowler L, Poindexter L and Bhardwaj HL (1999)**. Evaluation of salinity tolerance of canola germination. p. 251–253. In: J. Janick (ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.
 - **Pukacka wojkiewicz .2003** : The effect temperature of drying on viability and some factors affecting storability of *fagus sylvatica* seeds .Acta physiologiae plantarum ,25 : 163 -169.
 - **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D. 2005**. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md).
 - **SOLTNER D .,2007** –les bases de la production végétale tomeIII , la plante .Ed .collection sciences et technique agricole paris , 304p
 - **Thiam M., Champion A., Diouf D. & Oureye S.Y.M., 2013**. NaCl effects in vitro germination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars.ISRN Biotechnology.doi 10- 5402/2013/382417.
 - **Touati .2018** :Etude de potentiel de croissance et de production de plusieurs variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)de sous les conditions arides de sud l’Algérie (cas de Ouargla) université kasdi merbah Ouargla p : 6-48-54-56-60.
 - **UNGAR A .and BADGER K . S.,1989**-The effect of salinity and temperature on The germination Inland halophyte *Hordeum jubatum* .Can J Bot ;67 :1420-5
 - **UTCATF, Fichepays Pérou ; 2018**.
 - **Velasco R Salaminif et Bartlets D.1994**. Dehydration and ABA increasemRNAlevels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the résurrection plant. Plant mol .biol, 26 :541-546p.
 -
 - **Villela, F. A ,Doni filho, L ,Sequeira, E. L. 1991** : Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno Glicol 6.000 e da Temperatura. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V.26, n.11/12, p.1957-1968, nov/dez. 1991

Références bibliographiques

- **VINCENT R ., 2006** –Recherche et étude de marqueurs miléculaires de la réponse au stress chez l’algue brune *laminaria digaitata* . Thèse de doctorat . Biologie . Université de Rennes 1.237p.
- **Wilson RE, Jensen EH, Fernandez GCJ (1992)**. Seed germination response to eleven forage cultivars of *Brassica* to temperature. *Agron. J.* 84, 200–202.
- **Yan and Hunt .1999** :An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures *Annals of Botany* ,84,607-614.
- **Yildirim E. And Guvenc I., 2006**. Salt tolerance of Pepper cultivars during germination and seedling Growth, *Turk.J., Agric. For.*, 30 : 347-353.
- **Zhu., 2001**. Plant salt tolerance. *Plant sciences*, university of Arizona. : 66-71.

