



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière: "Biologie"

Spécialité: "Génétique moléculaire et amélioration des plantes"

Présenté et soutenu publiquement par :

Yahi Sanaa

Hellali Nadia

THÈME

*Réponse physiologique des graines de la Quinoa (*Chénopodium quinoa* Willd.) aux stress hydrique et thermique au cours de la germination*

JURY

President: M^r ADDA

Promoter: M^r CHOUHIM. K

Co-promoteur: M^r BOUAMAMA

Examineur: M^{me} SOUALMI NADIA

Année universitaire: 2017 -2018

Remerciement

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

Nous exprimons nos sincères et chaleureux remerciements et notre profonde gratitude à Monsieur CHOUHIM KADDA ce qui est nos frère avant qu'il est nos encadreur qui nous a suivis tout le long de ce travail, et dont les nombreux et fructueux conseils nous ont permis de mener à bien ce travail.

Merci pour sa lecture attentive, les conseils et les encouragements prodigués lors de la rédaction de ce manuscrit dont il est rapporteur.

Nous remercions vivement les membres du jury Monsieur ADDA AHMED ce qui est nos père spirituel d'avoir accepté de présider le jury de ce travail et madame SOUALMI NADIA l'exemple de la gentillesse de nos faculté d'avoir examiné ce travail qui nous a fait l'honneur de s'intéresser à notre étude et de juger ce travail, qu'il soit vivement remercié.

Nous tenons à remercier Monsieur MOSTAFA, le responsable de laboratoire de recherche LITMA qui nous a facilité la tâche pour réaliser ce travail.

Également, nous tenons à remercier les enseignants, les responsables, nos amis, les bibliothécaires de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail premièrement
à l'esprit de ma grand-mère, qui nous a séparés cette année, qui était mon destin
dans la patience, la tendresse et la volonté.*

*À mon très cher Père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le
respect que j'ai toujours pour Vous.*

*À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, À cette source de tendresse,
De patience et de générosité, À ma mère !*

À mes chères frères, et sœurs

À tous mes collègues (Nadia, Fatima, Ikram, Soumia et Bity)

A tous les familles (Yahi, Djazouli et Saoudi)

À tous mes amis d'enfance et mes voisines

À tous les étudiants de la promotion 2017/2018

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

SANAA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père : qu'Allah l'accorde le paradis

Ma mère : pour sa patience

Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices

Consentis à mon éducation et ma formation et qui n'ont d'égal que le témoignage

De la profonde reconnaissance.

A tous mes chers frères et sœurs

A toute la famille : HELLALI, CHAOUECH, TAYBOUNI

*A mes chères collègues D'Etude (SANAA, FATIMA, IKRAM, SOUMIA,
SABRIN)*

*A mes chères aimais (ASMA, ASMA, ARBIA, AHLEM, KHEIRA, HADJER
SAFAA, MOKHTARIA, FAIZA, SOUMIA, AYA, KHOLOUD, FADOI)*

A tous les étudiants de promotion 2017/2018

NADIA

Résumé

Le travail effectué consiste évaluer le degré de la tolérance de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* L) aux stress hydrique par l'application de concentrations croissantes de la solution de saccharose, 10%, 20% et 30% et thermique en menant les graines à des températures différentes, 4°C, 15°C, 25°C, 35°C, et 42°C, à travers de l'étude des paramètres physiologiques de la germination, et de croissance en mesurant après 72 heures de la longueur radiculaire.

Les paramètres physiologiques de la germination concernent la précocité, la vitesse, la cinétique et le taux final de la germination

Les résultats obtenus montrent que le stress thermique a affecté fortement tous les paramètres de germination étudiés, notant que le taux final de la germination est le plus influencé. Ainsi on a remarqué que les températures 15°C, et 25°C paraissent les plus optimales à la germination. Cependant la température 42°C semble la plus critique à la germination.

On peut dire que l'ensemble des paramètres physiologiques de la germination sont influencés de façon très significative par le stress hydrique. On constate que lorsque la concentration de saccharose augmente le pouvoir germinatif diminue fortement. A l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé. L'élongation radiculaire est très dépendante du stress hydrique.

Mots clé : Quinoa, *Chenopodium quinoa* L, stress hydrique, stress thermique, saccharose, paramètres physiologiques de la germination.

ملخص

يتكون العمل المنجز من تقييم درجة التسامح من الكينوا (*Chenopodium quinoa L*) إلى الإجهاد المائي من خلال تطبيق تركيزات متزايدة من محلول السكروز ، 10 % ، 20 % و 30 % والإجهاد الحراري من خلال قيادة البذور لدرجات حرارة مختلفة ، 4 درجة مئوية ، 15 درجة مئوية ، 25 درجة مئوية ، 35 درجة مئوية ، و 42 درجة مئوية ، من خلال دراسة القياسات الفسيولوجية للإنتاش ، والنمو عن طريق قياس طول الجذر بعد 72 من ساعة من بداية التجربة.

القياسات الفسيولوجية للإنتاش تهم السرعة والحركية والنسبة النهائية للإنتاش.

أظهرت النتائج أن الإجهاد الحراري قد أثر بقوة على جميع قياسات الإنتاش المدروسة، مشيراً إلى أن المعدل النهائي للإنتاش هو الأكثر تأثراً. وبالتالي، فقد لوحظ أن درجات الحرارة 15 درجة مئوية و 25 درجة مئوية تبدو هي الأكثر ملاءمة للإنتاش. لكن درجة الحرارة 42 درجة مئوية تبدو أكثر تأثيراً على الإنتاش.

يمكن القول أن جميع القياسات الفسيولوجية للإنتاش تتأثر بشكل كبير جداً بالإجهاد المائي. يمكن ملاحظة أنه عندما يزيد تركيز السكروز تنقص القدرة الإنتاشية بقوة. في تطبيق تركيز 30 % من السكروز لم تنتش البذور. استطالة الجذور تعتمد بشكل كبير على الإجهاد المائي.

الكلمات المفتاحية: الكينوا ، *Chenopodium quinoa L* ، الإجهاد المائي ، الإجهاد الحراري ، السكروز ، القياسات الفسيولوجية للإنتاش.

Table des matières

Liste des figure.....	i
Liste des tableaux.....	iii
Liste des abréviations.....	vi
Introduction	1
CHAPITRE I: Généralités sur le Quinoa	3
I La plante « Quinoa »	3
1 Biogéographique de la plante	3
a. Origine et répartition géographique	3
b. Systématiques de la Chenopodium Quinoa	4
1. présentation de l'espèce.....	4
2. Taxonomie de la plante.....	4
c. description botanique.....	5
1. Racines.....	5
2. Tige.....	6
3. feuille.....	6
4. fruit.....	7
d. génétique et diversité de quinoa.....	8
2 Écologie de Chenopodium Quinoa	8
a. Conditions climatiques	8
b. température.....	8
c. Type du sol	9
1.semis.....	9
2. pratique cultural.....	9
3. date de semis.....	9

4. fertilisation.....	9
d. besoin en eau.....	9
3 Intérêt Agro-économique	9
a. Une valeur nutritive élevée.....	9
b. Propriété médicinale.....	11
c. usage.....	11

Chapitre II : la germination et stress hydrique et thermique

1. Définition de la graine	17
2. La germination	18
a. condition de germination.....	19
b. Les phases de germination	19
1. phase d'imbibition	19
2. phase de germination au sens strict.....	19
3. Phase de croissance post-germinative.....	19
c. test de germination	20
II stress abiotique.....	20
1. Notion de stress.....	20
a. Stress abiotique.....	21
1. Stress hydrique.....	21
2. Stress thermique.....	22
b. Réponse des plantes à la sécheresse.....	22
1.Mécanismes de résistance à la sécheresse.....	23

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

1- Objectif de l'expérimentation.....	19
2- Matériel végétal	19
3- Conduite de l'essai.....	19
4- Conditions de préparation des graines pour les tests de germination.....	19

I. Les tests de germination des graines de la quinoa soumises au stress hydrique.....	20
a- Protocole expérimental.....	20
b- La préparation des solutions de saccharose.....	20
II. Les tests de germination des graines de la quinoa soumises au stress thermique	21
a- Protocole expérimental.....	21
III. Paramètres étudiés.....	23
1. Paramètres physiologiques.....	23
a- Précocité de germination.....	23
b- Estimation du taux de germination	23
c- Vitesse de germination.....	23
d - Taux final de germination.....	24
2. le paramètre de croissance (morphologique)	24
3. Traitement statistiques	24
Chapitre VI. Analyse des résultats	
VI.1 'effet du stress hydrique sur les paramètres de la germination des graines de Quinoa.....	25
a- précocité de la germination	25
b- taux final de germination.....	26
c- cinétique de la germination.....	27
d- vitesse de germination.....	28
e- La longueur radiculaire des graines de quinoa.....	29
VI.2. I 'effet du stress thermique sur les paramètres de la germination des graines de Quinoa.....	30
a - précocité de la germination.....	30
b - Taux final de germination.....	31

c- Cinétique de la germination.....	31
d – la vitesse de germination	33
Discussion et conclusion générale.....	34
Références bibliographiques.....	37

Liste des figures

Figure 1 : Répartition mondiale de la production de Quinoa (FAO 2011)	3
Figure 2 : Chenopodium Quinoa	4
Figure 3 : Caractéristiques de la racine de chenopodium quinoa.....	5
Figure 4 : caractéristiques de la tige de Chenopodium quinoa.....	6
Figure 5 : caractéristiques de la feuille de chenopodium quinoa	7
Figure 6 : le fruit de Chenopodium quinoa.....	7
Figure 7 : photo représentative des graines de quinoa plus un schéma représentative d'une graine de quinoa (chenopodium quinoa L).....	12
Figure 8 : Morphologie externe et formes des graines du Chenopodium Quinoa.....	13
Figure 9 : les graines de Chenopodium quinoa utilisées.....	19
Figure 10 : les solutions du saccharose.....	20
Figure 11 : dispositif expérimental des graines mises à germer sous l'effet du stress Hydrique.....	21
Figure 12 : les graines de la quinoa dans les boites pétrie.....	22
Figure 13 : étuve à 35°C de température	22
Figure 14 : dispositif expérimental des graines mises à germer sous l'effet du stress thermique	22
Figure 15 : le mesurage de radicule à l'aide d'une règle graduée.....	24

Figure 16. Précocité de la germination des graines de quinoa exprimée en % selon les différentes concentrations de saccharose.....	25
Figure 17. Taux final de la germination des graines exprimée en % selon les différentes concentrations de saccharose.....	26
Figure 18. Cinétique de germination des graines du quinoa exprimée en % des taux cumulés soumises aux différentes concentrations de saccharose.....	27
Figure 19. La vitesse de la germination des graines de quinoa à travers le calcul du temps moyen de la germination (TMG) des graines de quinoa traitées à différentes concentrations de saccharose.....	28
Figure 20. Variations de la longueur de quinoa soumises au stress hydrique exprimé par l'augmentation des concentrations du saccharose.....	29
Figure 21. Précocité de la germination des graines exprimée en % de la quinoa selon le degré de température.....	30
Figure 22. Taux finale de germination des graines de quinoa selon le degré de température.	31
Figure 23. Cinétique de germination des graines du quinoa traitées aux différents degrés de températures.....	32
Figure 24. La vitesse de la germination des graines de quinoa à travers le calcul du temps moyen de la germination (TMG) des graines de quinoa traitées aux différents degrés de températures.....	34

c- Cinétique de la germination.....	31
d – la vitesse de germination	33
Discussion et conclusion générale.....	34
Références bibliographiques.....	37

Liste des abréviations

<i>al</i>	Collaborateurs
APG	Classification Phylogénétique
°C	Degré Celsius
cm	Centimètre
ddl	degré de liberté
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
h	heure
Ha	Hectare
ITGC	Institut Technique de Grandes Cultures
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LMR	Longueur moyenne de la racine
m	mètre
MF	Matière fraîche
mg	milligramme
ml	Millilitre
mm	millimètre
Ms	Matière sèche
µm	micromètre
n°	Numéro
Ni	nombre de graines germées
Nt	nombre totale de graines utilisées
P	Probabilité
pH	Potentiel hydrogène
P.O	Pression osmotique
qx	quintaux
R	répétition
SAU	Surface agricole utile

T température
Tg taux de germination
TMG Temps moyen de germination



1ère Partie

Éléments

Bibliographiques

Introduction

Introduction

Les résultats d'un certain nombre d'études récentes ont mis en évidence la nécessité d'une amélioration de la qualité nutritionnelle des produits sans gluten. Plusieurs grains sans gluten existent, comme les pseudo-céréales l'amarante, le quinoa et le sarrasin.

La maladie cœliaque est une entéropathie auto-immune déclenchée par l'ingestion de grains contenant du gluten (blé, orge, seigle et avoine) peut-être chez les individus génétiquement sensibles (**Catassi & Fasano, 2008**).

la maladie cœliaque peut présenter à tout âges et avec une variété de présentations cliniques qui comprend le syndrome de male absorption typique (diarrhée chronique, perte de poids, distension abdominale) (**Catassi & Fasano, 2008**).

En termes botaniques, l'amarante, le quinoa et le sarrasin ne sont pas vraies céréales, ce sont des plantes dicotylédones, par opposition à la plupart des céréales (blé, riz, orge) qui sont monocotylédones. Ils sont appelés les pseudo-céréales, que leurs graines ressemblent à la fonction et la composition celles des vraies céréales (**Bressani, 2003**).

Les pseudo-céréales sont importantes cultures vivrières dans les Aztèques, Mayas et civilisations incas du passé. Leur production et leur utilisation a diminué significativement, cependant, qui coïncide avec l'effondrement des cultures indiennes après la conquête espagnole (**Bressani, 2003**).

Plusieurs études récentes ont rapporté la formulation réussie de pseudo-céréale contenant des produits de base céréale sans gluten comme le pain, les pâtes et les produits de confiserie. Cependant, la disponibilité de ces produits sur le marché est encore assez limité. D'autres recherches sont nécessaires pour exploiter pleinement les fonctionnalités de ces graines comme ingrédients sans gluten dans la production de produits appétissants qui sont aussi sur le plan nutritionnel équilibré.

BOUZIDS en **2010** fut le premier à dégager une notion physiologique du stress. Selon lui, les réactions déclenchées par le stress visaient à maintenir l'équilibre de notre organisme. L'association de ces trois notions stress homéostasie- adaptation constitue l'approche biologique du stress et permet notamment d'expliquer l'influence du stress qui est de permettre, lorsqu'il est appliqué dans certaines limites, l'adaptation à l'environnement, et donc au maintien de la vie.

L'interaction d'épisodes de sécheresse et de forte chaleur a des conséquences importantes sur les écosystèmes. Ainsi au champ, ces deux contraintes environnementales sont déjà responsables de la majorité des diminutions de rendements à travers le monde (**Boyer, 1982**). Plus inquiétant, leurs effets sont prévus en constante augmentation dans les décennies à venir (**IPCC, 2007**).

La quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) retenue par le FAO comme la plante de l'année 2013, est une plante originaire Amérique du sud (Benes et *al.*, 2001) très adaptée aux différentes stress abiotiques tel que la sécheresse, la salinité et la déficit température soit en excès ou en carence (Mujica et *al.*, 2001 ; Jacobsen et *al.*, 2003). Grace à sa variabilité génétique, cette plante halophytique a une capacité potentielle importante de croitre sous différentes conditions agro-climatiques dans plusieurs pays du monde (Adolf et *al.*, 2013 ; Shabala et *al.*, 2013).

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure (**MALLEK, 2001**).

Ce travail consiste à évaluer le degré de la tolérance de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* L) aux stress hydrique et thermique à travers l'étude des paramètres physiologiques de la germination.

1er Chapitre

Généralité sur la quinoa

CHAPITRE I : Généralités sur le Quinoa

I. La plante «*Chénopodium Quinoa* »

1. Biogéographique de la plante

a. Origine et répartition géographique

« *Quinoa* » est un mot d'Amérique du sud, selon les traces archéologiques, la plante a été découverte dans les grottes d'Ayacucho en Pérou de puis (Brack Egg, 2003). 7800 ans, sa plage naturelle de distribution spatiale (figure 1) varie de la Colombie jusqu'au Chili en particulier la Bolivie, le Pérou l'équateur de l'Argentine (Fuentes et al 2012). Dans la langue de quechua le quinoa est appelé *chisiya* ce qui signifie céréale mère grâce à sa valeur nutritive élevée, les chercheurs ont appelé cette plante « la graine d'or des Andes » (Cauda et al 2013). (Wafa Rjeibi 2015).

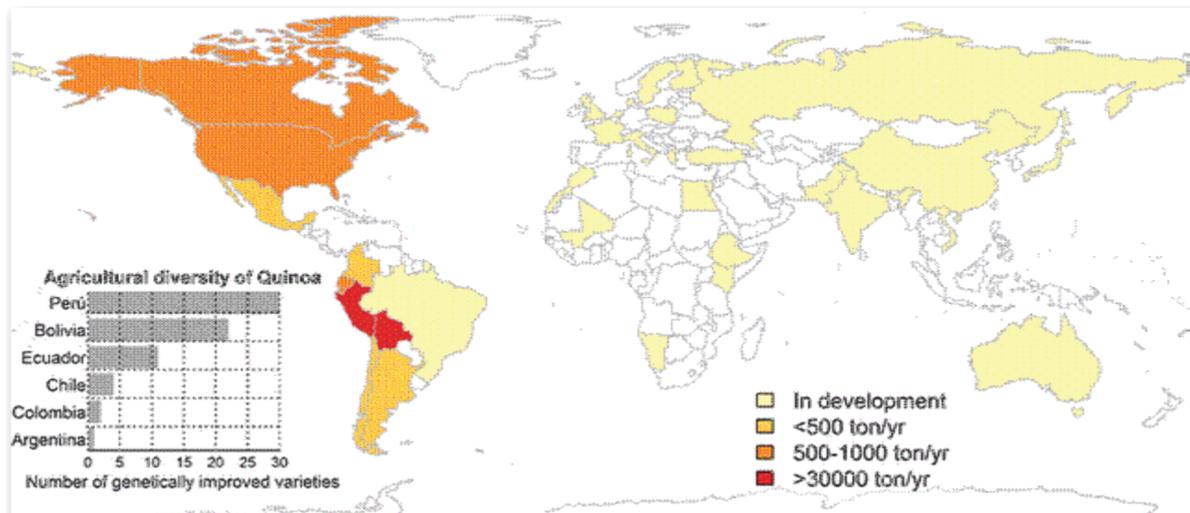


Figure 1 : Répartition mondiale de la production de Quinoa (FAO 2011)

Le Pérou et la Bolivie sont les principaux producteurs suivis par l'Équateur, le Chili, la Colombie et l'Argentine. Le Mexique produit essentiellement cette plante pour la consommation locale, les autres pays sont en train d'élaborer des projets sur le quinoa (FAO 2011).

b. Systématiques de la *Chenopodium Quinoa*

1. Présentation de l'espèce :

D'après Cauda et al (2013), le Quinoa est une plante qui appartient au sous embranchement des *Tracheobionta*, classe des *Magnoliopsidaceae*, ordre des *Caryophyllales*, famille des *Amaranthaceae*, genre des *Chenopodium*, et espèce *Chenopodium Quinoa*



Figure 2 : *Chenopodium Quinoa*

Si le *Quinoa* est qualifié de "pseudo-céréale", c'est parce que ses qualités nutritives et ses modes de consommation les plus courants le rapprochent de ceux des graminées (qui regroupe l'essentiel des céréales cultivées), plutôt que de sa famille botanique exacte (les chénopodiacées) comprenant aussi la betterave et les épinards (S. Padulosi, 2013).

2. Taxonomie de la plante

Nom binominal : *Chenopodium Quinoa* (Willd., 1798)

a) Classification de Cronquist (1981)

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-embranchement	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Chenopodiaceae</i>
Genre	<i>Chenopodium</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>

b) Classification APG III (2009)

Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Amaranthaceae</i>

c. Description botanique

La *Quinoa* (*C. Quinoa*) est une dicotylédone herbacée, autogame, annuelle, de la famille des Chénopodiacées. Puisqu'il ne fait pas partie de la famille des graminées, mais de celle de la betterave et des épinards (les Chénopodiacées). Dans des conditions optimales de température et d'humidité, les grains germent en une dizaine d'heures environ (Bois et al. 2006) et, au champ, les Cotylédons apparaissent généralement vers le 7^e jour après l'émergence.

1. Racines

La *Quinoa* possède une racine en pivot vigoureuse que se divise pour donner naissance à des racines secondaires et tertiaires généralement d'une longueur proportionnelle à la hauteur de la plante (Pacho et Morlon, 1978). D'après Gandrillas (1979), le pivot peut atteindre à maturité une longueur de 30 cm (sans les racines secondaires et tertiaires), ce système racinaire profond et ramifié pourrait être une des racines expliquant la résistance à la sécheresse du quinoa (réponse du quinoa aux contraintes hydrique Basma Khalouia).

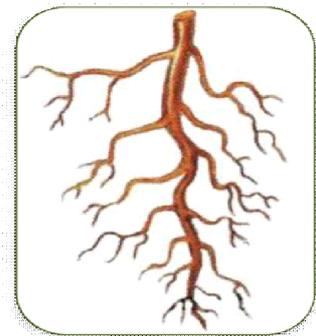


Figure 3 : Caractéristiques de la racine de *Chenopodium quinoa*

2. Tige

La tige est cylindrique au niveau du collet, puis anguleuse à partir des ramifications. Son diamètre peut varier de 1 à 8 cm, et sa hauteur entre 50 cm et 2 m, selon la variété et les conditions culturales (densité de semis ou fertilisation par exemple). A l'intérieur de la tige, on trouve une moelle non fibreuse, de couleur blanche à crème, qui dans les premiers stades de développement est massive, mais devient aérée et spongieuse à l'approche de la maturité. Au contraire, le cortex est ferme et compact. L'épiderme de la tige peut être vert, à rayures violettes ou rouges, ou encore entièrement rouge (Gandarillas, 1979). La couleur de la tige est caractéristique de la variété : verte, orangée, rouge foncé ou pourpre, uniforme ou tachetée.



(Rojas *et al.*, 2013)

Figure 4 : caractéristiques de la tige de *Chenopodium quinoa*

3. Feuille

Les feuilles sont alternes sur la tige. Elles sont pétiolées, avec un pétiole long, fin et cannelé. Les feuilles inférieures sont triangulaires ou rhomboïdales, de grande taille, pouvant atteindre 15x12 cm. Les feuilles supérieures sont lancéolées et plus petites, certaines ne dépassant pas 1 cm de long sur 2 mm de large au sommet de la plante. Les limbes sont généralement plans, mais peuvent parfois être ondulés et épais, et sont plus ou moins dentelés selon les variétés. Les jeunes feuilles sont recouvertes sur les deux faces de papilles blanches, rouges ou violettes, à forte teneur en oxalate de calcium. Outre la présence de ces cristaux, la couleur des feuilles varie d'un génotype à l'autre selon les pigments qu'elles contiennent (Jacobsen et Stølen, 1993 ; Mujica *et al.*, 2001).

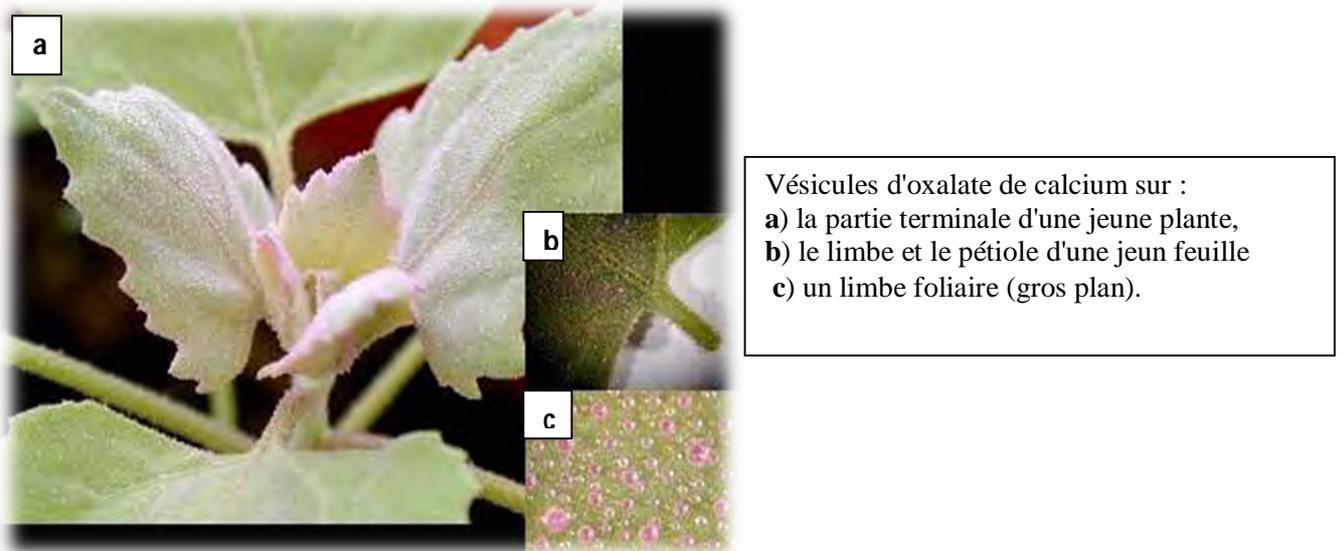


Figure 5 : caractéristiques de la feuille de *Chenopodium quinoa*

4. Fruits

Le fruit est un akène recouvert par le péricarpe, duquel il se sépare facilement à l'état sec, le péricarpe du fruit contient de la saponine, entre 0,02 et 0,51% selon les espèces (Jacobsen *et al.* 1994). La gamme de couleur du péricarpe va du blanc, jaune, orange, rouge, au marron ou noir. Les espèces sauvages présentent souvent un péricarpe noir. La graine est ensuite entourée d'un fin épisperme, qui peut lui aussi avoir des colorations diverses. L'embryon, formé de deux cotylédons et de la radicule, représente 30% du volume total de la graine et enveloppe comme un anneau la majeure partie du péricarpe, essentiellement constitué d'amidon. Les graines peuvent être de forme conique, cylindrique ou ellipsoïdale, leur taille varie environ entre 1 et 3 mm, leur poids entre 2 et 6 mg (Jacobsen et Stølen, 1993 ; Mujica *et al.* 2001).



Figure 6 : le fruit de *Chenopodium quinoa*

d. Génétique et diversité du quinoa

La quinoa a été domestiqué dans les Andes il y a 5.000 à 7.000 ans (Brack Egg, 2003) et soumise à un processus d'amélioration de plusieurs de ses caractéristiques dans une vaste gamme d'environnements, allant des hauts plateaux semi-arides aux vallées tropicales et au littoral du Pacifique. La quinoa cultivée présente ainsi une grande variabilité génétique qui se traduit par une diversité de couleur des tiges, des inflorescences et des graines, de forme et de taille des inflorescences de teneur en protéines, de contenu en saponine et dans la présence ou non de cristaux d'oxalate de calcium sur les feuilles. La quantification des chromosomes de divers cultivars de *Chenopodium quinoa* de Bolivie, Pérou et Chili donne un nombre de 36 chromosomes somatiques, constitués de deux lots diploïdes de $2x = 4n$, avec $n = 9$ chromosomes, faisant de la quinoa une espèce allotétraploïde (Catacora, 1977 ; Gandarillas, 1979b ; Tapia et al., 1979 ; Wilson, 1988a, 1988b, 1988c ; Izquierdo et al., 2001). L'origine génétique du quinoa reste controversée et plusieurs hypothèses ont été formulées. Après avoir envisagé la possibilité coloration des graines.

2. Ecologie de la plante

a. Condition climatique

Le quinoa est une plante traditionnelle d'Amérique latine cultivée depuis des siècles. Réputé pour sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrêmes (sécheresse, gel), le quinoa se développe dans un milieu aride où les sols, pauvres, sont exposés à la sécheresse, au gel, aux vents violents et à la forte radiation solaire due à l'altitude. Pour supporter le succès commercial de la graine, les agriculteurs ont également développé la culture en plaine où les risques de gelée nocturne sont importants (Belhabib, 2005)

b. Température :

La culture de *Quinoa* nécessite une photopériode courte et une température basse pour une bonne croissance. Le *Quinoa* est cultivé sur des sols marginaux peu fertiles, tolère-le déficit hydrique, le gel (-1 à 0°C) et s'adapte bien aux hautes altitudes de 2000 à 3000 mètres.

Le *Quinoa* est par contre très sensible aux fortes températures au stade floraison; celles supérieures à 35°C causent la dormance et la stérilité du pollen. Avant son introduction sur de grandes superficies dans une région, le *Quinoa* doit être essayé (Belhabib, 2005).

La plante supporte jusqu'à -5 °C durant la phase de ramification, selon l'écotype et la durée de la température minimale. Sa résistance ontogénique au froid et à la sécheresse est

très variable: il existe des écotypes qui résistent -8°C et survivent pendant 20 jours (température moyenne mensuelle).

c. Type du sol

La quinoa pousse bien sur des sols limono-sableux à sablo-limoneux. En Amérique du sud le quinoa est cultivé sur des sols peu ou trop drainés de faible fertilité très acides PH(4,8) ou alcalins PH(8,5) (Belhabib,2005)

1. **semis** : le quinoa pousse mieux sous des températures basse de 7 à 10°C , la germination on à lieu 24 heures après le semis et les jeunes plantules émergent 3 à 5 jours plus tard, le quinoa ne germe souvent pas quand la température est élevé, un semis de vernalisation à 4°C dans un réfrigérateur amélioré significativement le taux de levée (Belhabib,2005).
2. **Pratique culturale** : la préparation du lit de semis est essentielle, le quinoa exige un lit meuble bien nivèle et draine pour éviter l'asphyxie des jeunes plantules(Belhabib,2005).
3. **Dat de semis** : sous un climat similaire à celui au Maroc, le quinoa doit être en Octobre- Novembre comme les céréales d'automne pour profiter à la saison des pluies, des jours courte et de la fraîcheur des températures.
4. **Fertilisation** : le quinoa réponde positivement à un apport modérée d'Azote au Colorado, le rendement maximale est obtenu avec 1,7 à 2 qx d'Azote à l'hectare un apport excessif d'azote retard la maturation et diminué le rendement au profite de la croissance végétative.

d. Besoins en eau : la culture de quinoa toléré le stress hydrique et s'adapte bien à la région ou la pluviométrie annuelle avec irrigation se situe entre 250-400 mm sur les sols limono-sableux ou sablo-limoneux une irrigation excessives augment par contre la taille des plantes et améliore le rendement avec le risque de verse.

3. Intérêt Agro-économique

a. Une valeur nutritive élevée

Le grain du quinoa possède une valeur nutritive élevée et sa qualité nutritionnelle a été comparée à celle du lait (Tableaux 1 a et b) par l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (Food and Agriculture Organisation, FAO). Il est, en termes de quantité et de qualité de protéines, supérieur à de nombreuses céréales. Le quinoa contient ainsi de 11 à 22%

de protéines selon les sources, alors que cette teneur n'est généralement que de 7 à 13% chez les céréales (Koziol, 1992 ; Cardazo et Tapia, 1979 ; Wright *et al.*, 2002 ; Ayala *et al.*, 2001 ; Schlick et Budenheim, 1996). Il possède de plus une composition en acides aminés essentiels complète et relativement équilibrée, qui le rend complémentaire de la plupart des céréales, voire de certaines légumineuses. Il est en particulier riche en lysine, présente en faible quantité chez le blé. Le quinoa s'approche ainsi des besoins en acides aminés pour l'alimentation humaine définis par la FAO (FAO, 1970 ; 1985). Le quinoa ne contient pas de gluten et est également riche en minéraux, en lipides et en fibres (De Bruin, 1964 ; Tapia, 2000).

Tableau 1 : Composition des grains de quinoa et de blé (g/100g de matière sèche)

	Quinoa*	blé**
Protéines	11,0 - 21	3 -12,5
Lipides	5,3 - 8.	4,2 - 3
Glucides	53,5 - 74.3	67 - 71
Fibres	2,1 - 4.	9,2- 4
Cendres	3,0 - 3.6	1,5 - 2,5
Humidité	9,4 - 13.	4 -14,5

Sources :

* Tapia *et al.* (2000)

** Feillet (2000)

Tableau 2 : tableau comparative de contenu d'acides aminés entre la quinoa, le blé et le soja

Acides aminés essentiels (mg/g de protéines)	bousines d'un bousions d'un lait entier de			quinoa***	blé **	soja**
	adulte*	enfant*	vache*			
Histidine	16	19	27	31	25	28
Isoleucine	13	28	47	53	35	50
Leucine	19	66	95	63	71	86
Lysine	16	58	78	64	31	70
Méthionine + Cystine	17	25	33	28	43	28
Phénylalanine + Tyrosine	19	63	102	72	80	88
Thréonine	9	34	44	44	31	42
Tryptophane	5	11	14	9	12	14
Valine	13	35	64	48	47	52
Totale	127	339	504	412	375	458

Sources :

* Adapté de FAO (1985)

** FAO (1970)

*** Ayala (2001)

Tableau 3 : tableau comparative de contient en sels minéraux entre qinoa, mais, ris et blé

	QUINOA	MAIS	RIZ	BLE
Calcium	148,7	17,1	6,9	50,3
Fer	13,2	2,1	0,7	3,8
Magnésium	249,6	137,1	73,5	169,4
Phosphore	383,7	292,6	137,8	467,7
Potassium	926,7	377,1	118,3	578,3
Zinc	4,4	2,9	0,6	4,7

Le quinoa contient davantage de sels minéraux que la majorité des autres céréales, comme indiqué dans le tableau ci-joint (teneurs en sels minéraux du quinoa et d'autres aliments en milligrammes pour 100 grammes de poids secs).

b. Propriété médicinale

Les feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires.

c. Usage :

Quinoa

Industrie alimentaire :

Les grains et la farine de quinoa peuvent servir à la préparation de la plupart des produits de l'industrie de la farine. Le quinoa peut être associé aux légumineuses telles que les fèves, les haricots rouges afin d'améliorer la qualité nutritionnelle.

Alimentation animale :

La plante entière sert de fourrage vert

Autres utilisations industrielles :

Au quinoa est associée toute une gamme de sous-produits destinés à l'alimentation, à la cosmétique, aux applications pharmaceutiques et à d'autres utilisations.

2^{ème} Chapitre

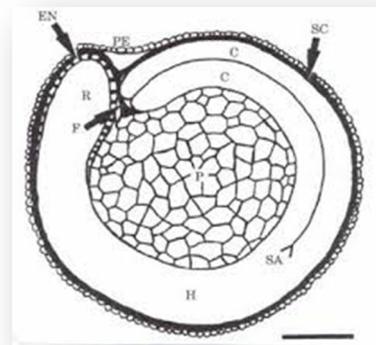
La germination et le stress

Hydrique et thermique

I. la germination

1. la graine

La graine c'est un organe qui s'abouche se développe à partir d'un ovule féconde et consécutivement à cette fécondation ces transformation qui suivent la fécondation comportant toujours la mais en réserve de matériaux fournis par la plante-mère et différenciation d'un tégument, pendant tout la durée de ces phénomènes il se existe une continuité histologique et physiologique entre la plante-mère et son produit.



Le péricarpe(PE) entoure la graine .L'embryon consiste en un axe hypocotyle-radicle(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

Figure 7 : photo représentative des graines de quinoa plus un schéma représentative d'une graine de quinoa (chenopodium quinoa L) (**Hassan, 2005**).

La graine du quinoa de taille proche à celle de millet (1,75 à 2 mm) sont produits sur panicules et son de forme aplatie sue deux cotés autour, leur couleur varie en fonction de teneur saponine péricarpe (2 à 6 %). L'embryon occupe 60% du volume de l'endocarpe ce qui donne à la graine une richesse en protéines supérieure à celle de toutes les céréales (**IVA HASSAN, 2005**).

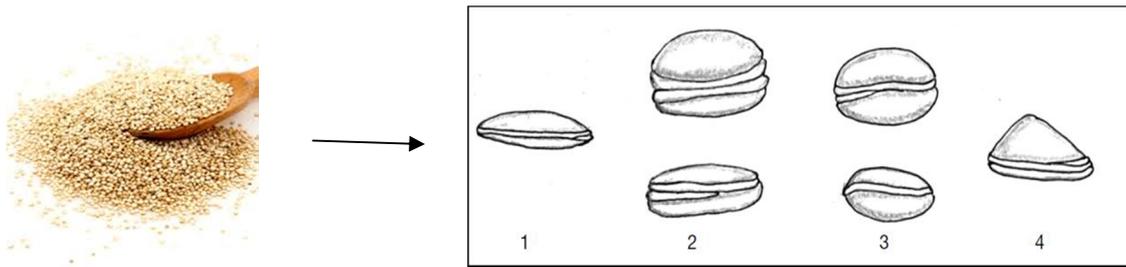


Figure 8 : Morphologie externe et formes des graines du *Chenopodium Quinoa*.

2. La germination au sens propre

La germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule. Le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée. La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases (Bewley, 1997)

La germination apparaît comme un stade critique de la plante nouvelle, créée par la fécondation elle a commencé son développement comme chez les animaux vivipare, dans les tissus maternels servies par la fécondation de la plante mère elle, doit utiliser la masse de réserve c'est-à-dire l'espèce d'héritage qui lui est transmis, se fixer au sol et faire l'expérience de la vie autotrophe (Robert Gorenflot 2005) .

Tout comme la fécondation amorce la transformation de l'ovule en graine, la germination transforme l'embryon contenu dans la graine en une plantule indépendante. Aux fins des essais de laboratoire, la germination est définie comme l'apparition et le développement, à partir de l'embryon contenu dans la graine, de ces structures essentielles qui sont révélatrices de la capacité de la graine de produire une plante normale dans des conditions favorables (Justice, 1972).

➤ La germination consiste en trois processus qui se chevauchent:

1) : une absorption d'eau, principalement par imbibition, qui provoque un gonflement de la graine et une rupture éventuelle du tégument;

(2) : une activité enzymatique et une augmentation des taux de respiration et d'assimilation, qui sont l'indice de l'utilisation des éléments nutritifs mis en réserve et de leur transfert vers les zones de croissance;

(3) : une augmentation de taille et une division des cellules entraînant l'apparition de la racine et de la plumule (Evenari, 1957, cité par Krugman et col. 1974). (FAO)

a. Conditions de germination :

Pour que la plantule de la graine mure reprenne une vie active et croissance il faut que :

- La graine ait conservé son pouvoir germinatif
- D'éventuelle imbibition (d'or Mance d'origine tégumentaire embryonnaire soient levée)
- Les conditions extérieures soient propices, l'eau la, la température, la composition de l'atmosphère et la lumière jouant un rôle de premier plan.

b. Les phases de germination

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

2. 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. 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.

Les nucléases permettent la libération d'acides nucléiques impliqués dans la formation des cytokinines, hormones qui stimulent la division cellulaire.

Les protéases lysent les réserves protéiques qui favorisent la formation de phytohormones telles que l'auxine responsable de l'élongation des cellules.

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.

3. 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.

La germination subit l'effet de certains facteurs extérieurs, comme la disponibilité en eau, la température, qui a un impact direct sur le métabolisme et sur le taux d'oxygène dissout, ainsi que la lumière qui agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des espèces photosensibles négatives et stimule les photosensibles positives.

Certaines caractéristiques internes de la graine influencent aussi la germination. En effet, la graine va germer plus ou moins vite en fonction de sa taille, de sa quantité de réserves ou de son génome

c. Teste de germination

Un test de germination permet, au prix du sacrifice de quelques graines, de connaître la faculté germinative (ou taux de germination) d'un lot de semences. Il est important de connaître ce taux pour plusieurs raisons :

- Contrôler l'efficacité de ses propres méthodes de récolte, extraction et stockage des semences,
- Savoir si une multiplication de la variété est à prévoir rapidement (faible taux de germination),
- Adapter la quantité de graines à semer en fonction d'un objectif de plants à obtenir,
- Ne pas confier des semences qui ne germent pas suffisamment dans un système « Maison de la Semence » (ou pouvoir avertir).

Les tests de germination peuvent être réalisés à différents moments : soit directement après la récolte des semences, soit en cours de conservation, soit juste avant la période des semis. Il ne faut pas oublier que la graine est un être vivant qui suit des cycles biologiques selon son milieu d'origine. Certaines semences germent à tout moment, d'autres ont besoin d'une période de dormance. (AgroBio Périgord 2013)

II. Le stress abiotique

1. Notion de stress

Le terme « stress » définit l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. C'est un processus qui induit une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

En revanche ce terme lorsqu'il est utilisé en biologie végétale, a des connotations particulières, il représente les (s) facteurs(s) responsable(s) des perturbations, et des

changements, plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante subies au cours de son développement (Bouchoukh, 2010).

En effet, le stress signifie la déviation dans le développement et les fonctions normales de la physiologie des plantes, il est perçu au niveau cellulaire puis transmis à la plante entière. Le changement dans l'expression des gènes qui s'ensuit modifie la croissance et le développement, et influence les capacités reproductives de la plante, causant ainsi des dommages aux plantes. (Benkoli et Bouzeghaia, 2016)

La plante accomplit le retour à la stabilisation et les réactions de répartition par un réajustement d'états adaptés et le maintien de grands pouvoirs de résistance, qui font tous appel à une énergie additionnelle et métabolite

a. Stress abiotique

Les facteurs abiotiques sont ceux liés à l'action du non-vivant sur le vivant ils sont dû principalement à des facteurs environnementaux. (Izzar 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.

1. Stress hydrique

La notion de stress hydrique ou sécheresse renvoie en réalité le plus souvent à de nombreuses définitions :

◇ En météorologique, la sécheresse est une absence prolongée, voire une faible distribution, des précipitations, en relation avec une valeur dite normale.

◇ En hydrologie, on parle de sécheresse dès lors qu'à l'échelle régionale la hauteur des pluies est inférieure à la moyenne saisonnière, ce qui se traduit par un approvisionnement insuffisant des cours d'eau et des réserves d'eau superficielles ou souterraines.

◇ En agriculture, 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, (Mouellef, 2010), La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration.

En effet, on assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période de sécheresse (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 ou la sécheresse représente le stress abiotique le plus sévère (Chennafi et *al*, 2006).

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 (Haichour, 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 minimal et maximal au-dessous et au-dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation.

b. Réponse des plantes à la sécheresse

La sécheresse altère fréquemment la balance hormonale de la plante et modifie l'activité de nombreuses enzymes, ainsi que l'expression du génome (Lamaze et al. 1995). À terme, on

assiste à un ajustement osmotique des cellules, puis à des modifications morphologiques, anatomiques, physiologiques et développementales de la plante.

1. Mécanismes de résistance à la sécheresse

Les mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse sont l'échappement, la restauration, La tolérance à la déshydratation et l'évitement (Lamaze et al. 1995).

- a. **L'échappement** : correspond à la capacité de la plante d'achever son cycle de croissance lors de périodes favorables, évitant ainsi les périodes de contrainte hydrique (cas des plantes en milieux désertiques).
- b. **La restauration** : consiste en la capacité de la plante à rétablir un métabolisme normal après

Une période de déficit hydrique (cas des mousses, lichens et des algues). Ce mécanisme ne concerne pas les Angiospermes qui utilisent plutôt un mécanisme de protection.

- c. **La tolérance à la sécheresse** : correspond à la capacité des plantes à supporter des niveaux de déficit hydrique élevés. Ce mécanisme est rendu possible par l'élévation de la viscosité du cytoplasme des cellules, par la protection des enzymes et des membranes par certains osmoprotectants et antioxydants, et par la modification de la composition phospholipidiques des membranes cellulaires.
- d. **L'évitement** : à la capacité de la plante à éviter les phénomènes de déshydratation des tissus, à la fois en maintenant le prélèvement d'eau du milieu et en diminuant les déperditions du composé absorbé. L'un des mécanismes fondamentaux de ce mécanisme est l'ajustement osmotique. Ce processus permet notamment le maintien de la turgescence des apex et des feuilles en croissance, qui, associé à l'extensibilité des parois, permet le maintien de la croissance cellulaire malgré la déficience en eau.

2^{ème} partie

Partie expérimentale

3^{ème} Chapitre

Matériels et méthodes

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

1- Objectif de l'expérimentation

Ce travail consiste à évaluer le degré de la tolérance de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* L) aux stress hydrique et thermique à travers l'étude des paramètres physiologiques de la germination.

2- Matériel végétal :

Les semences de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* L) utilisées dans les essais de germination ont été fournies par l'Institut Technique de Grandes Cultures ITGC de BESKRA.



Figure 9 : les graines de *Chenopodium quinoa* utilisées

3- Conduite de l'essai

L'expérimentation est conduite au niveau de laboratoire de la faculté des Sciences la Nature et de la Vie de l'université de Tiaret.

4- Conditions de préparation des graines pour les tests de germination

D'abord les graines sont désinfectées à l'hypochlorite de sodium à 1 % en les trempant pendant 3 minutes, puis rincées à l'eau distillée plusieurs fois pour éliminer les traces du chlore. Les semences mises à germer sont disposées dans des boîtes de Pétri stériles de 10 cm de diamètre garnies de deux couches de papier buvard.

I. Les tests de germination des graines de la quinoa soumises au stress hydrique

a- Protocole expérimental

Chaque essai de germination est conduit en 3 répétitions à raison de 10 graines par boîtes de Pétri, imbibées d'eau distillée (10 ml) servant de témoin ou de solution de saccharose à des concentrations différentes, 10%, 20%, et 30%. Les essais de germination sont effectués à une température de 25°C.

b- La préparation des solutions de saccharose

Le stress hydrique a été appliqué sur les graines de quinoa en utilisant des concentrations croissantes de la solution de saccharose 10%, 20% et 30% qui sont préparées comme suit :

La solution à 10% de saccharose est obtenue en mettant 10g de saccharose dans 100 ml de l'eau distillé, la même procédure est appliquée pour les autres concentrations de la solution de saccharose à 20% (20g dans 100ml d'eau distillée) et à 30% (30g de saccharose diluée dans 100ml d'eau distillée).



Figure 10 : les solutions du saccharose

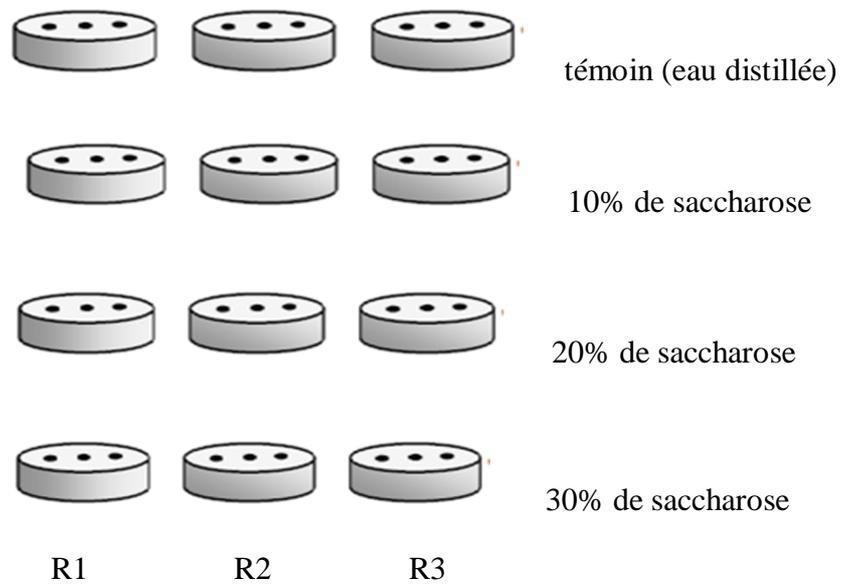


Figure 11 : dispositif expérimental des graines mises à germer sous l'effet du stress hydrique

II. Les tests de germination des graines de la quinoa soumises au stress thermique

a- Protocole expérimental

Chaque essai de germination est conduit en 3 répétitions à raison de 10 graines par boîtes de Pétri, imbibées d'eau distillée (10 ml). Les boîtes de Pétri sont ensuite mises dans des étuves à des 5 températures différentes, 4°C, 15°C, 25°C, 35°C, et 42°C. Le choix de cette température est basé sur des travaux antérieurs.



Figure 12 : les graines de la quinoa dans les boites pétrie



Figure 13 : étuve à 35°C de température

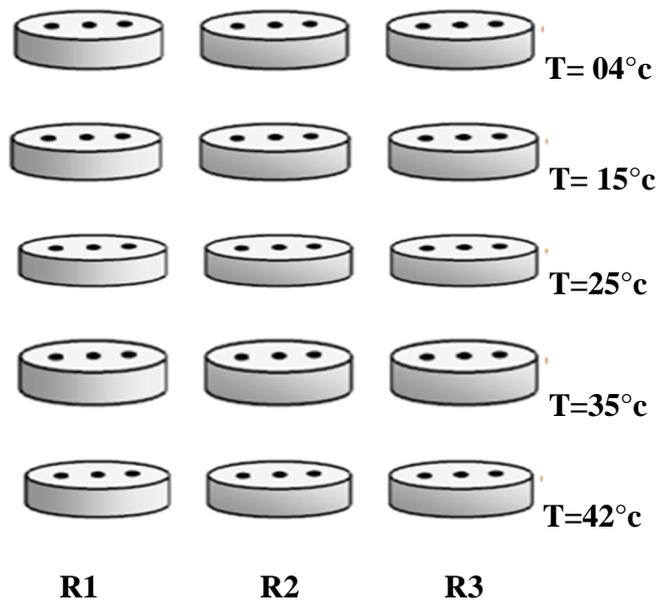


Figure 14 : dispositif expérimental des graines mises à germer sous l'effet du stress thermique

III. Paramètres étudiés

1. Paramètres physiologiques

a- Précocité de germination

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

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). Chaque espèce dispose d'une précocité de germination qui lui est spécifique, car même placée dans les mêmes conditions expérimentales, le début d'apparition de la radicule à travers les téguments n'aura pas lieu en même temps chez toutes les graines (COME, 1975).

b- Estimation du taux de germination

Pour l'estimation du taux de germination (Tg), sur la base du nombre total de graines utilisées (Nt), nous calculons le pourcentage des graines en germination (Ni) selon la relation :

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

c- Vitesse de germination

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

Elle peut s'exprimer par :

Le temps moyen de germination (TMG) correspond à l'inverse du coefficient de KOTOWSKI

$$TMG = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}$$

N1 = nombre de graines germées au temps T1.

N2 = nombre de graines germées entre le temps T1 et T2

N3, Nn = graines germées au temps T3...jusqu'au temps Tn

Dans nos calculs nous avons retenu la de Kotowski consiste à calculer le temps moyen de germination TMG.

d - Taux final de germination

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.

* Pour ces tests nous adoptons la définition de la germination, qui d'après Côme (1975), une graine a germé lorsque la radicule arrive à percer les enveloppes (téguments) et devient visible à l'œil nu. Le comptage des graines se fait dès l'apparition de la radicule observée dans notre cas à l'aide d'une loupe jusqu'à la stabilisation du taux de germination.

2. le paramètre de croissance (morphologique) : porte sur la croissance de la radicule de la quinoa en mesurant après 72 heures de germination la longueur de la radiculaire à l'aide d'une règle graduée.



Figure 15 : le mesurage de radicule à l'aide d'une règle graduée

3. Traitement statistiques

Les résultats obtenus ont subi un traitement statistique par l'analyse de la variance avec un seuil de sécurité de 5% à l'aide du logiciel SPSS.

4^{ème} Chapitre

Analyse des résultats

VI. Analyse des résultats

VI.1 'effet du stress hydrique sur les paramètres de la germination des graines de Quinoa

a- précocité de la germination

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que les taux des premières graines germées sont fortement influencés par les variations des niveaux hydriques ($p < 0,001$).

Il est constaté que les graines ont germé le premier jour après le semis à l'exception des graines recevant la solution de saccharose à 30%.

Les résultats dégagés de cette figure montre que lorsque la concentration de saccharose augmente le taux des premières graines de quinoa germées diminuent fortement.

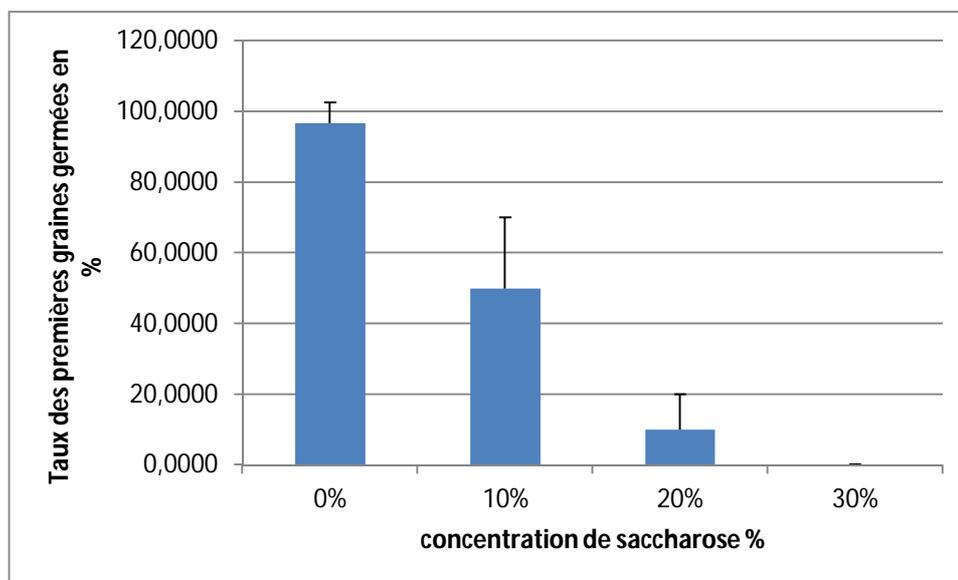


Figure 16. Précocité de la germination des graines de quinoa exprimée en % selon les différentes concentrations de saccharose.

En effet, les premières graines germées chez le témoin (l'eau distillée) enregistrent le taux le plus élevé par rapport aux différents traitements hydriques avec $96,67 \pm 5,77\%$. Lorsque la concentration de la solution de saccharose à 10 % est appliquée, ce taux de précocité de germination diminue avec $50 \pm 20\%$. Il continue à chuter en inscrivant un taux de $10 \pm 10\%$ pour les graines recevant la solution de saccharose à 20%. Toutefois à l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

b- taux final de germination

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que le taux final de la germination des graines de quinoa est considérablement affecté par les différentes concentrations de la solution de saccharose ($p < 0,001$).

La figure 17 indique que lorsque la concentration de saccharose augmente le taux final des graines de quinoa germées diminue de façon très significative.

Au niveau du traitement témoins, toutes les graines ont germé (taux de germination égale à 100%).

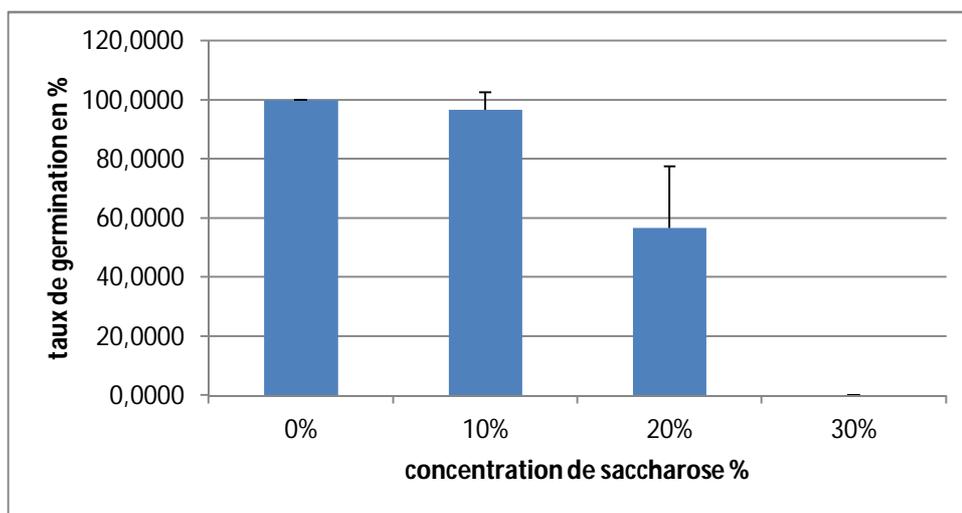


Figure 17. Taux final de la germination des graines exprimée en % selon les différentes concentrations de saccharose.

Cependant ce taux de germination a diminué jusqu'à $96.67 \pm 5.77 \%$ chez les graines recevant la solution de saccharose à 10%. Il continue à chuter pour enregistrer un taux de $56.67 \pm 20.82\%$. Cependant à l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

Il est à noter que le taux final de la germination a été mesuré le troisième jour après le semis, et au-delà de cette période, les graines n'ont manifesté aucun signe de germination pendant toute la durée de l'essai.

c- cinétique de la germination

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que les variations des taux de germination des graines sont fortement influencées par les différentes concentrations de la solution de saccharose ($p < 0,001$).

La durée de la germination des graines indique que les différents niveaux hydriques influent très significativement sur le processus de la germination ($p < 0,01$).

Les résultats indiqués dans la figure 18 montrent que pour les graines témoin, l'évolution de la germination des graines progresse très rapidement par rapport aux différents traitements hydriques, qui démarre le premier jour après le semis avec un taux de $96.67 \pm 5.77\%$, et se stabilise dès le troisième jour ou toutes les graines ont germé.

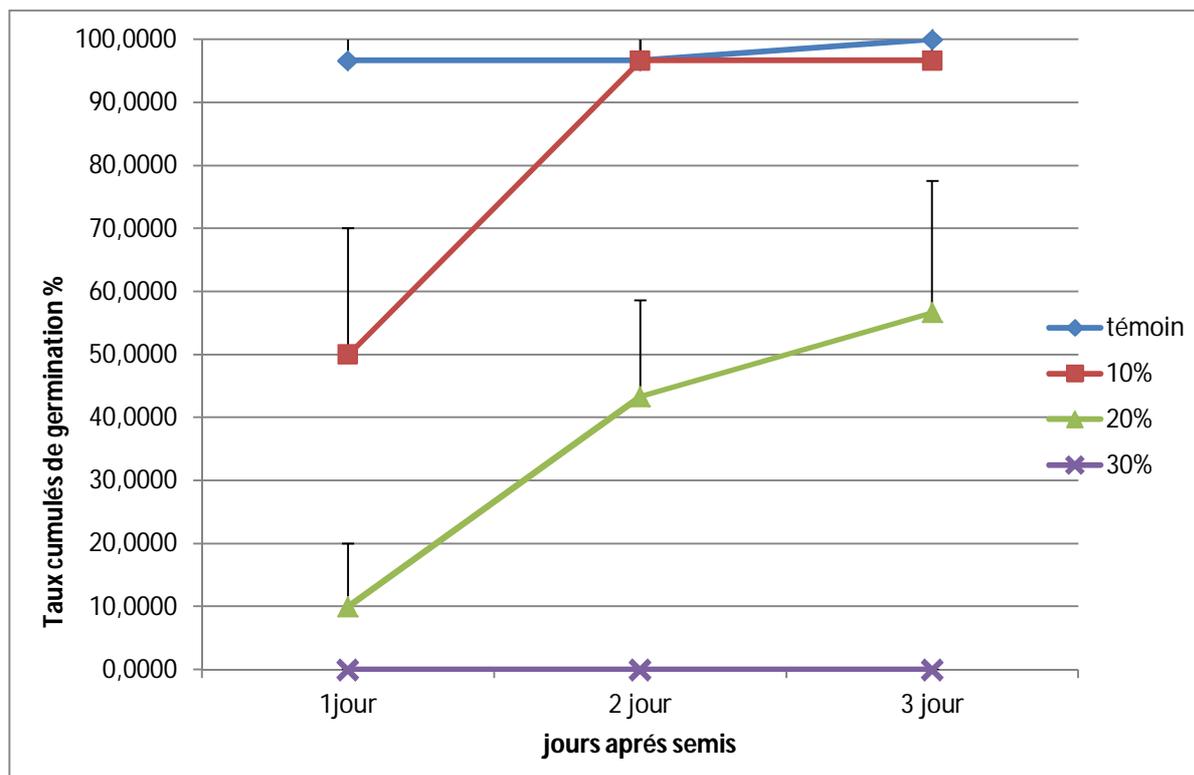


Figure 18. Cinétique de germination des graines du quinoa exprimée en % des taux cumulés soumises aux différentes concentrations de saccharose.

Pour les graines recevant la solution de saccharose à 10%, les premières graines germées se manifestent aussi le premier jour après le semis, avec un taux diminué presque de moitié par rapport au témoin évalué à $50 \pm 20\%$, ensuite, et se stabilise dès le deuxième jour en enregistrant un taux de $96.67 \pm 5.77\%$.

Cependant pour les graines recevant la solution de saccharose à 20%, les taux cumulés de la germination sont beaucoup moins importants par rapport aux traitements témoin et 10% de saccharose, les graines germent le premier jour après le semis un taux de $10\pm 10\%$ qui se stabilise avec $56.67\pm 20.82\%$. Cependant à l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

d- vitesse de germination

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que la vitesse de la germination des graines de quinoa à travers le calcul du temps moyen de la germination (TMG) sont fortement influencées par les différents niveaux hydriques ($p < 0,001$).

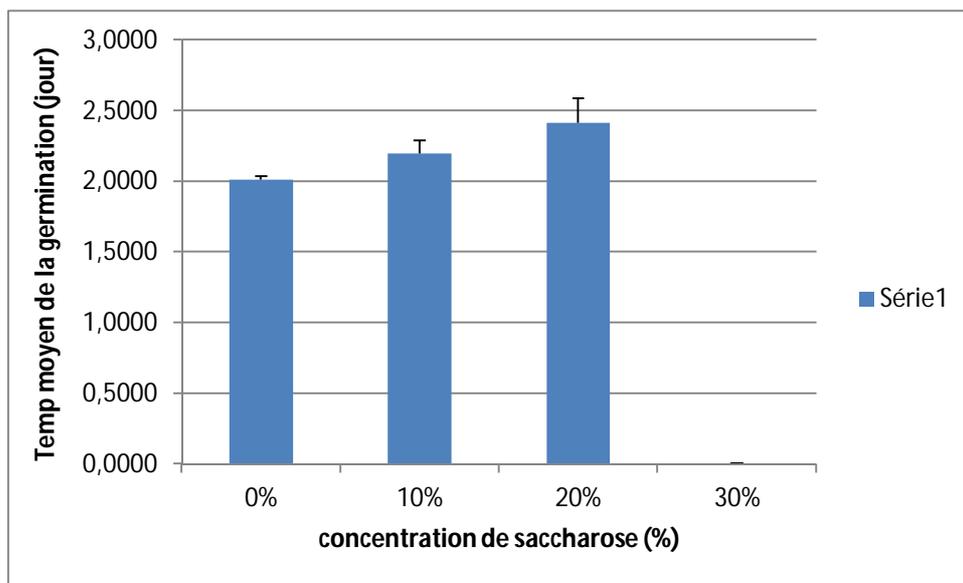


Figure 19. La vitesse de la germination des graines de quinoa à travers le calcul du temps moyen de la germination (TMG) des graines de quinoa traitées à différentes concentrations de saccharose.

Les résultats indiqués dans la figure 19 montrent que le temps moyen de germination le plus court est enregistré pour les graines témoin avec de 2.01 ± 0.20 jour, il passe à 2.19 ± 0.87 jour lorsque la concentration 10% de la solution de saccharose est appliquée sur les graines. Il continue à augmenter pour enregistrer 2.41 ± 0.17 jours chez les graines recevant 20% de la solution de saccharose.

A l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

e- La longueur radiculaire des graines de quinoa

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que l'élongation radiculaire est fortement influencée par les différents niveaux hydriques ($p < 0,001$).

D'après les résultats obtenus on remarque que lorsque le stress hydrique (estimé à partir de l'augmentation des concentrations de la solution de saccharose) est important, la longueur radiculaire diminue très significativement.

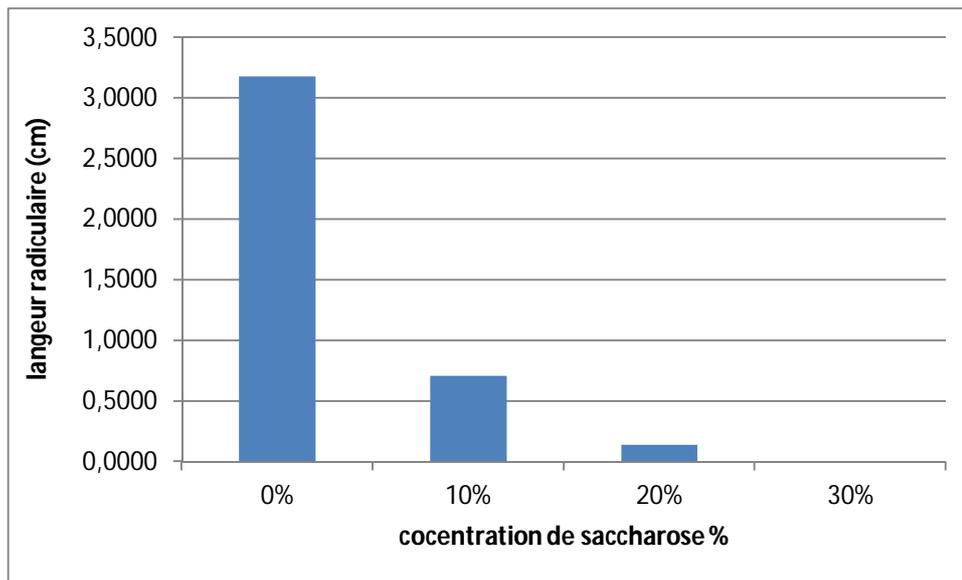


Figure 20. Variations de la longueur de quinoa soumises au stress hydrique exprimé par l'augmentation des concentrations du saccharose.

En effet, la plus longue racicule est enregistrée pour le témoin avec 3.18 ± 1.63 cm. Elle a subi une réduction très importante lorsque la concentration de 10% de saccharose est appliquée avec 0.71 ± 0.42 cm. Elle est plus courte chez les graines recevant 20% de la solution de saccharose avec 0.14 ± 0.15 cm. Toutefois à l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

VI.2. I 'effet du stress thermique sur les paramètres de la germination des graines de Quinoa

a - précocité de la germination

L'analyse des résultats montre que les taux des premières graines germées sont fortement influencés par les variations de la température ($p < 0,001$).

Il est à noter que toutes les premières graines germées soumises aux différentes températures se manifestent le premier jour après le semis.

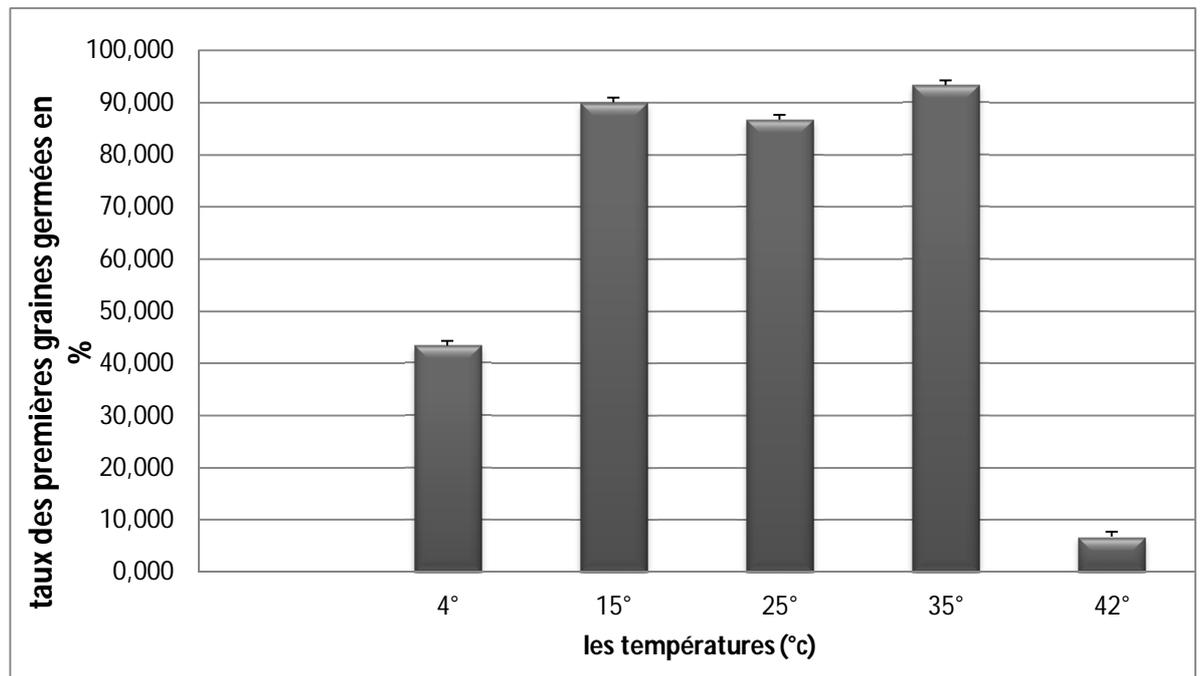


Figure 21. Précocité de la germination des graines exprimée en % de la quinoa selon le degré de température.

D'après la figure 21, on remarque que les premières graines germées soumises aux températures 15°C, 25°C et 35°C, enregistrent les taux de germination les plus élevés évalués respectivement à 90 %, 86.67±5.77 %, 93.33±5.77%. Cependant lorsque la température 4°C est appliquée les graines de la quinoa germent avec un faible taux estimé à 43±5.77%.

Le taux de germination le plus faible par rapport aux autres traitements thermiques est enregistré chez les graines menées à la température 42°C (6.67±5.77%).

b - Taux final de germination

L'analyse des résultats montre que le taux final de la germination des graines de la quinoa est considérablement affecté par les différents traitements thermiques ($p < 0,001$).

La figure 22 indique que lorsque les températures 15 et 25 °C sont appliquées, toutes les graines ont germé (taux de germination égale à 100%). Cependant ce taux de germination a diminué jusqu'à 93.33 ± 11.55 % chez les graines traitées aux températures 4°C et 35°C, et enfin le plus faible taux est celui des graines de la quinoa soumises à la température 42°C avec 6.67 ± 5.77 %.

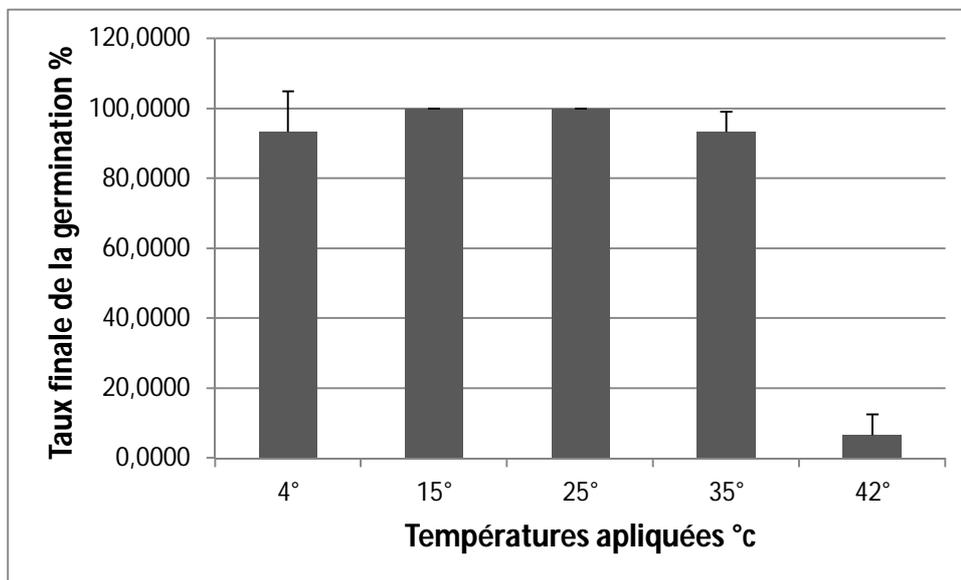


Figure 22. Taux finale de germination des graines de quinoa selon le degré de température.

Il est à noter que le taux final de la germination a été mesuré le troisième jour après le semis, et au-delà de cette période, les graines n'ont manifesté aucun signe de germination pendant toute la durée de l'essai.

c – Cinétique de la germination

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que les variations des taux de germination des graines sont fortement influencées par les différents traitements thermiques ($p < 0,001$).

La durée de la germination des graines, exprimée en jour qui s'écoule de la première graine germée jusqu'à la fin de la germination indique que les différentes températures influent significativement sur le processus de la germination ($p < 0,05$).

Les résultats indiqués dans la figure 23 montrent que pour les graines traitées à la température 15°C, l'évolution de la germination des graines progresse très rapidement par rapport aux différents traitements thermiques, qui démarre le premier jour après le semis avec un taux de 90 %, et se stabilise dès le deuxième jour ou toutes les graines ont germé. Lorsque la température 25 °C est appliquée, les premières graines germées se manifestent aussi le 1er jour après le semis, avec un taux élevé de 86.67 ± 5.77 %, ensuite, le deuxième jour les graines ont germé totalement.

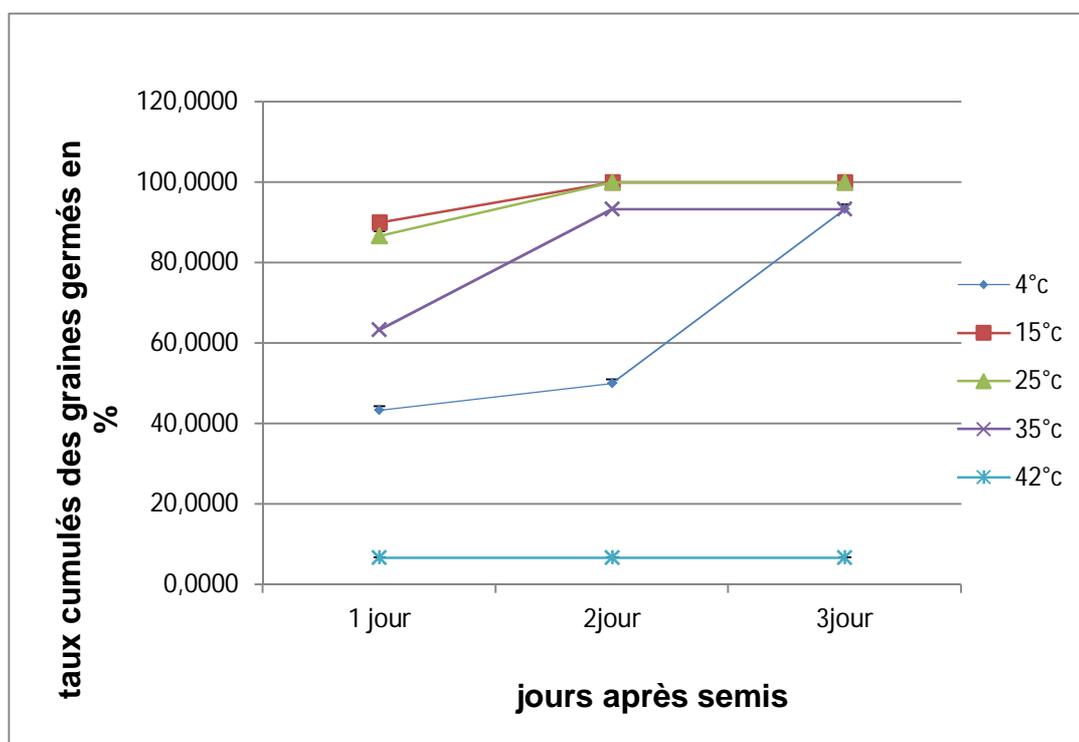


Figure 23. Cinétique de germination des graines du quinoa traitées aux différents degrés de températures.

Cependant pour les graines traitées à 35°C et 4°C, les taux cumulés de la germination sont moins importants par rapport à celles traités à 25 °C et 35°C. Sous la température 35°C, les graines germent le premier jour après le semis un taux de $63.33 \pm 48.18\%$ et se stabilise dès le 2ième jour avec un taux de 93.33 ± 5.77 %. pour le traitement thermique de 4°C, l'évolution de la germination est moins rapide par rapport à celui de 35°C, les graines se manifestent

aussi le 1ier jour après le semis avec 43.33 ± 5.77 %, ce taux augmente le deuxième avec 50 ± 10 %, et s'achève au bout du troisième jour après le semis avec 93.33 ± 11.55 %.

A l'application de la température 42 °C, les graines de quinoa germent seulement le premier jour après le semis en enregistrant un taux de 6.67 ± 5.77 %.

d – la vitesse de germination

L'analyse de la variance ANOVA au seuil ($P = 5\%$) montre que la vitesse de la germination des graines de quinoa à travers le calcul du temps moyen de la germination (TMG) sont fortement influencées par les différents traitements thermiques ($p < 0,05$).

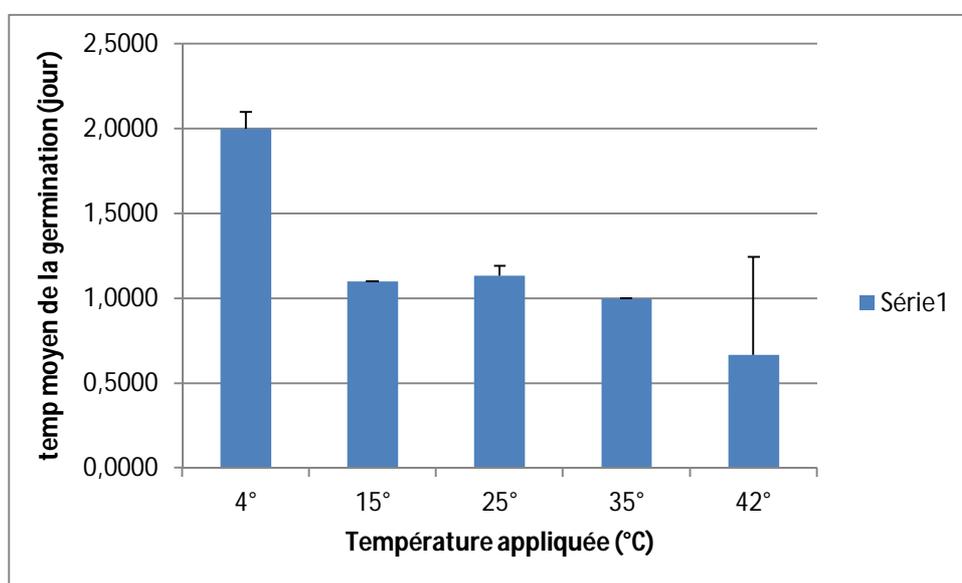


Figure 24. La vitesse de la germination des graines de quinoa à travers le calcul du temps moyen de la germination (TMG) des graines de quinoa traitées aux différents degrés de températures.

Les résultats indiqués dans la figure 24 montrent que le temps moyen de germination le plus court est enregistré pour les graines traitées à 42 °C avec de 0.67 ± 0.57 jour, il passe à 1 jour lorsque la température 35 °C est appliquée sur les graines. Il continue à augmenter pour enregistrer 1.1 jours chez les graines traitées à 15 °C, et enfin se temps moyen de germination est plus long lorsque les graines sont soumise à la température 4 °C avec 2 ± 1 jours.

5^{ème} Chapitre

Discussion et conclusion générale

Discussion et conclusion générale

La germination est une étape qui peut être sensible aux basses températures, ce qui peut se traduire par une faible levée (Nykiforuk et Johnson-Flanagan 1999). L'imbibition des graines varie en fonction de la température, plus la température est élevée et plus l'imbibition est rapide (Gowen et al. 2007, Cheng et al., 2009, Khazaei et Mohammadi 2009). Les basses températures augmentent les dégâts d'imbibition particulièrement chez les graines de soja à faibles teneurs en eau (Hobbs et Obendorf 1972). Dans ces zones, la salinité des sols et des eaux d'irrigation et le manque d'eau sont des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole (BAATOUR, 2004).

Pour cette raison nous avons choisi à mener cette étude qui consiste évaluer le degré de la tolérance de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* L) aux stress hydrique par l'application de concentrations croissantes de la solution de saccharose, 10%, 20% et 30% et thermique en menant les graines à des températures différentes, 4°C, 15°C, 25°C, 35°C, et 42°C, à travers de l'étude des paramètres physiologiques de la germination, et de croissance en mesurant après 72 heures de la longueur radiculaire.

Les résultats enregistrés mènent aux conclusions suivantes :

*L'effet du stress thermique

-Les taux des premières graines germées sont fortement influencés par les variations de la température ($p < 0,001$). Il est à noter que toutes les premières graines germées soumises aux différentes températures se manifestent le premier jour après le semis. On remarque que les premières graines germées soumises aux températures 15°C, 25°C et 35°C enregistrent des taux de germination élevés. Les graines les plus précoces sont celles soumises à la température 35°C.

- les variations des taux de germination des graines sont fortement influencées par les différents traitements thermiques ($r = -0,472^{**}$).

Pour les graines traitées à la température 15°C, et 25°C, l'évolution de la germination des graines progresse très rapidement par rapport aux différents traitements thermiques, et se stabilise dès le deuxième jour ou toutes les graines ont germé. Cependant pour les graines traitées à 35°C et 4°C, les taux cumulés de la germination sont moins importants par rapport à

celles traités à 25 °C et 35°C. A l'application de la température 42 °C, les graines de quinoa germent seulement le premier jour après le semis en enregistrant un taux très faible.

- le taux final de la germination des graines de la quinoa est considérablement affecté par les différents traitements thermiques($r=-,698^{**}$). Lorsque les températures 15 et 25 °C sont appliquées, toutes les graines ont germé (taux de germination égale à 100%).le plus faible taux est celui des graines de la quinoa soumises à la température 42°C.

-Il est à noter que le taux final de la germination a été mesuré le troisième jour après le semis, et au-delà de cette période, les graines n'ont manifesté aucun signe de germination pendant toute la durée de l'essai.

Le test de détérioration subi par les graines de pois dans notre étude, implique l'application de températures élevées (40°C). A des températures élevées, 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).

*L'effet du stress hydrique :

-les résultats montrent que lorsque le stress hydrique devient important le taux des premières graines germées diminue de façon très significative ($r= -0,940^{**}$)

-Il est constaté que les graines ont germé le premier jour après le semis à l'exception des graines recevant la solution de saccharose à 30%.

Les graines témoins les plus précoces par rapport aux différents traitements hydriques. Lorsque la concentration de la solution de saccharose à 10 % est appliquée, ce taux de précocité de germination a diminué presque de moitié.

-lorsque les concentrations de la solution de saccharose augmentent, les taux cumulés de la germination des graines diminue fortement ($r= -0,901^{**}$)

Pour les graines témoin, l'évolution de la germination des graines progresse très rapidement par rapport aux différents traitements hydriques, et se stabilise dès le troisième jour ou toutes les graines ont germé. Pour les graines recevant la solution de saccharose à 10%, l'évolution de la germination des graines est moins importante par rapport au témoin. Et se stabilise dès le deuxième jour.

-On constate que lorsque la concentration de saccharose augmente le taux final des graines de quinoa germées diminue de façon très significative ($r = -0.920^{**}$).

Au niveau du traitement témoins, toutes les graines ont germé (taux de germination égale à 100%). Cependant ce taux de germination a diminué chez les graines recevant la solution de saccharose à 10%. A l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

Blum (1996), indique que l'évaluation de la teneur en eau des tissus constitue un paramètre de référence de la prédiction des stress abiotiques. La capacité de maintenir la turgescence cellulaire, permet la conservation de nombreux processus physiologiques comme la croissance et le développement.

- on remarque que lorsque le stress hydrique (estimé à partir de l'augmentation des concentrations de la solution de saccharose) est important, la longueur radiculaire diminue très significativement ($r = -0.739^{**}$). En effet, la plus longue radicule est enregistrée pour le témoin, Elle a subi une réduction très importante lorsque la concentration de 10% de saccharose est appliquée. Elle est plus courte chez les graines recevant 20% de la solution de saccharose.

Pour s'adapter au stress salin et hydrique, la plante peut éviter les dommages par la réduction de la croissance (YEO, 1983, ZHU, 2001).

A l'instar de ses résultats on peut conclure en disant que le stress thermique a affecté fortement tous les paramètres de germination étudiés, notant que le taux final de la germination est le plus influencé. Ainsi on a remarqué que les températures 15°C, et 25°C paraissent les plus optimales à la germination. Cependant la température 42°C semble la plus critique à la germination.

On peut dire que l'ensemble des paramètres physiologiques de la germination sont influencés de façon très significative par le stress hydrique. On constate que lorsque la concentration de saccharose augmente le pouvoir germinatif diminue fortement. A l'application de la concentration 30% de saccharose, aucune graine n'a germé.

L'élongation radiculaire est très dépendante du stress hydrique.

Références

Bibliographiques

Liste des références

[01]. **Adolf V.I, Jacobsen S.E and Shabala S, 2013**; Salt tolerance mécanismes in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *environment and experimental Botany*. P43-54

[02]. (**Ayala ., 2001**) ; Valornutritivo y usos de la quinua. *Quinua* (*Chenopodium Quinoa Willd.*) : *ancestral cultivo andino, alimentodel presente y futuro*. Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathe, J. P. et FAO (eds). CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile

[03]. (**Belkhodja m ., 1996**) ; Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique chez la fève (*Vicia faba* L.). Thésedoct. Es Science Naturelles, Univ Oran, 255p.

[04]. **Benes E, Crespo. F et madrigal. K, 2011**, The quinoa cluster, compétitive diagnosis and strategic recommendation P 54.

[05]. (**Benkolli M et Bouzeghaia B ., 2016**) ; Etude biochimique de dix variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous l'effet d'un stress oxydatif gènèrè par un stress hydrique. Mèmoire. Université. Mentour i. Constantine. P : 1-5-23

[06]. (**Bressani, R. ., 2003**). Amarante. Dans B. Caballero (Ed.), *Encyclopédie de la sciences de l'alimentation et la nutrition* (pp 166. e 173).

[07]. (**Bois et all ., 2006**) Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: effects on germination, phonology, growth and freezing. *EUR. J. Agron.*, **25**, 299-308.

[08]. (**Bouchoukh I ., 2010**). Comportement éco physiologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.

[09]. (**Bouzids ., 2010**) ; Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement éco -physiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. *Burley. Biologia plantarum*, **24** (4): 266-269.L

[10]. (**Boyer, J. S., 1998**) ; .Plant productivity and environment. *Science* **218**:443-448.

[11]. (**BrackEgg, . 2003**) . Perú: Diez mil años de domestication. Lima: Editorial Bruno., Pp 428.

[12]. (Catacora ., 1977 ; Gandarillas ., 1979) ; Détermination d'el cariotipo de crinolines de quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd.). TesisIng. AGR., Universiade Nationale de Altiplano. Puno, Perú.

[13].(Catassi, C., & Fasano, A., 2008). La maladie coeliaque. Dans EK Arendt & F. Dal Bello (Eds.), produits et boissons de céréales sans gluten. Londres: Academic Press.

[14]. (cauda et all ., 2013) ; Quinoa in the kitchen revue.

[15].(Chenafi H ., Bouzerzour H ., Aidaoui A et Saci A .,2006); Yield response of durum wheat (*Triticum durum*, Desf) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. Asian Journal plant Science., 5: 854-860.

[16].(Cheng L-B., Li S-Y., He G-Y., 2009). Isolation and expression profile analysis of genes relevant to chilling stress during seed imbibition in soybean [*Glycine max* (L.) Meeer.] Agricultural Sciences in China 8: 521-528.

[17].(Côme D ., 1970) ; Les obstacles de la germination. Ed. Masson ; 162p.

[18]. (DrevonJ. J , SaadallahK , Hajji M , Abdelly C., 2001) ; Genotypic variability for tolerance to salinity of N2-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) “, Agronomy, 21, 675-682.

[19].(FAO ., 1970) ;Teneur des aliments en acides aminés et données biologiques sur les protéines, Rome. <http://www.fao.org/docrep/005/ac854t/AC854T00.HTM>

[20].(FAO., 2011), The state of food insecurity in the world .Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome <http://www.fao.org>-Accessed 4 Oct 2013.

[21]. (Feuillet ., 2000) ; valeur nutritionnelle des céréales ., proteins , glucides chez les grains du blé

[22]. (Fuentes et all ., 2012) ; implication of farmers seed ax changes for on-farm conservation of quinoa , as revealed by its genetic diversity in Chile J Agricola 150 Pp 702-716 .

[23]. (Gandarillas ., 1967) ;Observations sobre la biología reproductiva de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Saya. Sociedadde Ingenieros Agrónomos de Bolivia. Abril-Noviembre. La Paz, Bolivia. 4p.

[24].(Gandarillas., 1979). La quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.): Genética y origen. In: Tapia M.E. et al.,eds. La Quinoa y la Kañiwacultivosandinos. Bogota:CIID-IICA, Pp 45-64.

[25].(Gowen A., Abu-Ghannam N., Frias J., Oliveira J., 2007). Modelling the water absorption process in chickpeas (*Cicer arietinum* L.) – The effect of blanching pretreatment on water intake and texture kinetics. *Journal of Food Engineering* 78: 810-819.

[26].(Haichour R ., 2009) ; Stress thermique et limite écologique du Chêne vert. Mémoire. Université Mentouri – Constantine – p : 12-24-49.

[27].(Hobbs P.R., Obendorf R.L. 1972). Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. *Crop science* 12: 664-667.

[28].(IPCC. 2007) ; Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY.

[29].(Izquierdo et al., 2001) ,. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ancestral cultivandino, alimentodelpresente y futur. CIP Santiago, Chile.FAO, UNA -Puno. Pp. 51.

[30].(Jacobsen et al ., 1994).Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) Under temperate climatic condition in danmarkjournal of agricultural science vol 122 Pp 47-52.

[31]. (Jacobsen S. E, Mujica A and Jensen C. R, 2003); the resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to adverse abiotic factors. *Food Reviews international* 19. P 99-109

[32]. (Jacobsen et Stolen., 1993; Mujica et al., 2001).Quinoa Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe *European Journal of Agronomy* Vol 2 Pp 19-29.

[33].(Kara S et Zerguine M .,2016) ; Dosage des anthocyanes et de la glycine bêta en conditions de stress hydrique et étude des mécanismes de tolérances chez dix variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Mémoire. Université des Frères Mentouri Constantine1. p : 1-9-19-28-29-34

[34].(Khazaei J., Mohammadi N., 2009). Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Food Engineering* 91:542-552.

[35]. (Koziol., 1992; Cardazo et Tapia., 1979) ; Wright *et al.*, 2002 ; Ayala *et al.*, 2001 ; Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *J. Food Compos. Anal.*, **5**, 35-68.

[36]. (Lamaze T ., Tousch D ., Sarda X ., Grignon C., Depigny-This D., Monneveux P. et Belhassen E ., 1995) ; Résistance des plantes à la sécheresse : mécanismes physiologiques. *Le Sélectionneur Français*, **45**, 75-85.

[37].(Lezzar H et Meziani A .,2015) ; Recherche in silico et conception d'amorce des gènes de tolérance au stress abiotique chez le blé. Mémoire .Université des Frères Mentouri Constantine1.P :3-10.

[38].(Mallek E ., 2001) ; Influence de la salinité sur certains aspects physiologiques et métaboliques de la tolérance au sel de tomates sensibles et résistantes. Thèse de doctorat en UFR de biologie. Paris : Science de la Nature.

[39].(Mouellef A ., 2010) ; Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique, mémoire. Université Mentouri, Constantine *Faculté de biologie* Département de Biologie Végétale et Écologie.p53.

[40]. (Mujica A , et Canahua A .,1989) Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*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, Peru. p. 23-27.

[41]. (Nykiforuk, C.L., Johnson-Flanagan A.M., 1999). Storage reserve mobilization during low temperature germination and early seedling growth in *Brassica napus*. *Plant Physiology and Biochemistry* **37**: 939-947.

[42].(O . Bnhabib., 2005) ; Avis de l'Anses Saisine n° 2011-SA-0188)

[43]. (Ortiz *et all.*, 2001) ; Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): plagas y enfermedades. In: Izquierdo Fernandez J.I., Mujica, A., Jacobsen, S.E., Marathée, J.P., Moron, C. (Eds.). *Cultivos andinos, Version 1.0* (CD-Rom). Santiago, Chile: FAO.

[44].(Oukarroum A ., 2007) ; Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.

[45].(Pacho et Morlon., 1978). Los sistemas radicales de las plantas de interés económico del Altiplano de Puno: un estudio preliminar. Puno, Perú. 20 p.

[46].(Paul-André Calatayud, Jean-Pierre Garrec et Michel Nicole ., 2013). Interactions insectes-plantes. p229-230

[47].(Pukacka S., Wojkiewicz E., 2003). The effect of the temperature of drying on viability and some factors affecting storability of *Fagus sylvatica* seeds. *Acta Physiologiae Plantarum* 25: 163-169

[48].(Réa., 1969 ; Gandarillas ., 1979). Biología floral de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turrialba*. 19:91-96.

[49].(Renard J. L. and Quillec G., 1975) ; L'Helminthosporiose du cocotier. Etudes préliminaires. *Oléagineux* 30(5): 209-213.

[50].(Rodriguez R., 1978). Determinación de porcentaje de autopolinización y cruzamiento natural en las variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru*. 86 p.

[51]. (Rojas et al ., 2013) ,Bioversity International 18. Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H., Kouddane NE., 2008. Impact de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du Jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider). Cahiers UAE,

[52]. (S. Padulosi., 2013). La FAO, l'Organisation des Nations-Unies pour l'agriculture et l'alimentation, a décrété 2013.

[53]. (Schlick et Budenheim ., 1996) ; Chemical composition and nutritional evaluation of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Food Comp. Anal.* 5:35-68.

[54]. (Tapia ., 2000) ; Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente futuro. Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathe, J. P. et FAO (eds). CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile

[55]. (Tapia et *all.*, 1979 ; Wilson ., 1988) ., La quinua y la kañiwa: cultivos. Serie Libros y Materiales Educativos 49. Bogota: IICA, CIID.

[56]. (Thierry Winkel ., 2006) ; Projet Equeco, programme fédérateur Agriculture et Développement Durable, appel d'offre 2006. 48p.

[57]. (Wafa Rjeibi ., 2015) ; Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa .24 P

[58]. (YEO AR., TJ . FLOWERS . 1983) . Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiol. Plant* . 59 : 189-195.

[50]. (ZHU J., 2001), Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* 6: 66-71.