

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

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 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

Présenté par :

BENGUERROUM Djamila

BENFADEL Baya

Thème

**Etude de l'effet des stress abiotiques sur la germination des
graines de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Jury:

Président:

Mr. BOUBKEUR Med A/A

Grade

MAA

Encadreur:

Mlle.SOUALMI N

MAA

Examineur 1:

MOKHFI F/Z

MCB

Examineur 2:

Mr.BOUFARES K.

MCB

Année universitaire 2019-2020

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 parent, mes belle 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 2020

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 ma voir 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 : Youcef, Mohamed, à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite.

A mes chères sœurs : Fatima, Hanane, Imane, Hadjer et Nada.

A mon chère fiancé

A mes chères collègues : Habiba, Ilham, Fatima .G, Fatima .B, Amira.

A toute la famille : Benfadel

A ma camarade de travail Djamilia, 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 2019 /2020

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

Dédicace

Louange à Allah tous puissant, pour sa miséricorde. C'est lui qui nous a créé, c'est lui qui nous donné le savoir, c'est grâce à lui que le fruit de mon travail est entre vos mains et je le dédie à :

Aux deux plus chères personnes de ma vie, à mon Père précieux

A ma très chère Maman, laisse-moi te témoigner ma profonde gratitude à travers ce modeste travail

A mes sœur adorées HAFIDA et HAYAT je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite

A mes adorables frères Toufik, Mohamed, Yacine, Oualid et Youcef que dieu vous bénisse et comble votre vie de bonheur et réussite

A toutes ma famille BENGUERROUM

À mon binôme dans ce travail BAYA, merci pour tous les moments que nous avons passé ensemble, pour nos éclats de rire et notre complicité. Je profite de cette occasion pour te dire que je t'aime beaucoup et j'espère que tu trouveras ton bonheur dans les années à venir

A tous mes collègues le long de mes études de la promotion de master de « Génétique moléculaire et Amélioration des plantes » merci pour l'ambiance, je vous aime tous.

DJAMILA

Résumé

L'objectif de notre travail est d'étudier les effets des stress salin, hydrique et thermique sur la germination des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) une chénopodiacee qui est réputée comme plante résistante aux sels, au manque d'eau et aux excès de température. Cette plante est considérée comme une pseudocéréale et représente une source importante pour l'alimentation de l'Homme. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri contenant des concentrations croissantes en sel (NaCl) allant de 0 meq à 200 meq. L'étude a montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination et retarde le délai de germination.

Pour simuler un stress hydrique nous avons utilisé des solutions croissantes de PEG 6000, pour créer des pressions osmotiques de -0,1 ; -0,2 ; -0,3 et -0,4 MPa. Ainsi qu'un lot témoin qui reçoit de l'eau distillée. Nos observations précisent que plus la pression est importante plus les valeurs des paramètres traités sont diminués.

L'effet de la température sur la germination des graines est étudié en utilisant différentes températures, 4°C dans le réfrigérateur, température ambiante (20°C) vérifiée à l'aide d'un thermomètre, 25 °C et 40 °C dans l'étuve. Ces différentes températures ont engendré des perturbations au niveau des paramètres de germination étudiés.

Mots clés : Quinoa, *Chenopodium quinoa*, stress salin, stress hydrique, stress thermique, PEG, paramètres physiologique de la germination.

Abstract (summary)

The aim of our work is to study the effects of salt stress, water and heat stress on the germination of seed of quinoa (*chenopodium quinoa* willd.), a chénopodiacée that is deemed as plant resistant to harsh conditions. This plant is considered a pseudocereal and is an important source of food. These seeds are germinated in Petri dishes containing increasing concentrations of salt (NaCl) from 0 to 200 meq meq. The study showed that salt has a depressive effect on the germination rate and delay the germination period. To simulate water stress we used increasing solutions PEG6000, to create osmotic pressure. The parameters studied are reduced. The effect of temperature on seed germination was studied using different temperatures, 4°C in the refrigerator, ambient temperature (20°C) checked with a thermometer. For 25 and 40 °C we use an oven. These different temperatures have caused disturbances in the studied parameters of germination.

Keywords : Quinoa, *chenopodium quinoa*, salt stress, water stress, heat stress, PEG, physiological parameters of germination

ملخص

الهدف من عملنا هو دراسة تأثير الاجهاد المائي والملوحة والاجهاد الحراري على انتشار بذور الكينوا « *Chenopodium quinoa* Willd. » وهو نبات من فصيلة الكينوا المعروف بالمقاومة للأملاح ونقص الماء ودرجة الحرارة الزائدة ويمثل مصدر مهم لتغذية الانسان في هذا العمل وضعت البذور للإنتاش في علب بتري تحتوي على تراكيز متزايدة من ملح كلوريد الصوديوم من 0mq الى 200mq واطهرت الدراسة ان الملح له تأثير كبير على معدل الانتاش وتأخير وقت الانتاش. لدراسة الاجهاد المائي استخدمنا تراكيز مختلفة من PEG6000 0,1 Mpa ; -0,2 ; -0,3 ; -0,4 - بالإضافة الي دفعة تسقى بالماء المقطر.

من خلال الملاحظة نستنتج: انه كلما زاد الضغط كلما تراجع انتشار نمو بذور الكينوا، يتم دراسة تأثير درجة الحرارة على انتشار البذور باستخدام درجات حرارة مختلفة 4°C ودرجة حرارة الغرفة 20°C ودرجات حرارة أخرى 25°C و 40°C أدت هذه الأخيرة الى حدوث اضطرابات في انتشار البذور.

الكلمات المفتاحية: الكينوا، *Chenopodium quinoa*، الملوحة، الاجهاد المائي، الاجهاد الحراري، القياسات الفيسيولوجية للإنتاش.

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Liste des figures..... | I |
| Liste des tableaux..... | II |
| Liste des abréviations..... | III |
| | |
| Introduction..... | 1 |
| CHAPITRE I : généralité sur le quinoa | |
| I-1-Le quinoa | |
| I-1-1Historique..... | 3 |
| I-1-2-Répartition géographique..... | 3 |
| I-1-3- Description botanique..... | 4 |
| I-1-3-1- Appareil végétatif..... | 5 |
| I-1-3-2 Les racines | 5 |
| I-1-3-3 La tige | 5 |
| I-1-3-4 Les ramifications | 6 |
| I-1-3-5 Les feuilles | 6 |
| I-1-3-6 Les fleurs..... | 7 |
| I-1-3-7 Les graines..... | 7 |
| I-1-4Classification du quinoa..... | 8 |
| I-1-5 Ecologie du quinoa..... | 9 |
| I-1-6 Phénologie de quinoa..... | 9 |
| I-1-7 Production du quinoa..... | 10 |
| I-1-8 les intérêts et utilisations du quinoa..... | 11 |

Chapitre II : la germination

| | |
|--|----|
| II-1 -Généralité..... | 12 |
| II-2-Condition de germination..... | 12 |
| II-2-1 Facteur externes de la germination..... | 12 |
| II-2-1-1 L'eau..... | 12 |
| II-2-1-2 L'oxygène..... | 12 |
| II-2-1-3 La température..... | 13 |
| II-2-2 Les facteurs internes..... | 13 |
| II-3- Les phases de la germination..... | 13 |
| II-3-1 Phase d'imbibition..... | 13 |
| II-3-2 Phase de germination..... | 13 |
| II-3-3 Phase de croissance..... | 14 |
| II-4- Les différents types de germination..... | 15 |
| II-4-1 La germination épigée..... | 15 |
| II-4-2 La germination hypogée..... | 15 |

CHAPITRE III : Les stress

III-1-Notion de stress

| | |
|---|----|
| III-1-1Le stress..... | 16 |
| III-1-1-1Stress biotique..... | 16 |
| III-1-2 Stress abiotique..... | 16 |
| III-2-Différents types de stress abiotique..... | 16 |
| III-2-1 Stress hydrique..... | 16 |
| III-2-2 Stress thermique..... | 16 |

| | |
|---|----|
| III-2-3 Stress salin..... | 17 |
| III-3 la salinité..... | 17 |
| III-3-1 types de la salinité..... | 17 |
| III-3-1-1La salinité primaire..... | 17 |
| III-3-1-2La salinité secondaire..... | 17 |
| III-4 Effet de la salinité sur la germination..... | 17 |
| III-4-1Effet osmotique..... | 19 |
| III-4-2Effet toxique..... | 19 |
| III-5 Effet de stress hydrique sur la germination..... | 20 |
| III-6 Effet de stress thermique sur la germination..... | 21 |
| II Matériel et méthode | |
| 1- Matériel végétal..... | 22 |
| 2- Région de Pérou..... | 23 |
| 3- Préparation des graines pour les tests de germination..... | 23 |
| 4- Protocole expérimentale..... | 23 |
| 4-1 Les tests de germination des graines de quinoa semis au stress salin..... | 24 |
| 4-2 Les tests de germination des graines de quinoa semis au stress thermique..... | 24 |
| 4-3 Les tests de germination des graines de quinoa semis au stress hydrique..... | 24 |
| II Méthode | |
| 1- Préparation de germination..... | 25 |
| 2- Estimation de taux final de germination..... | 25 |
| 3- Vitesse de germination..... | 25 |
| 4- Etude statistique..... | 26 |
| III résultats et discussion | |
| 1-Sous traitement salin..... | 27 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1-1Taux final de la germination..... | 28 |
| 1-2Délai de germination..... | 28 |
| 2- Sous traitement thermique..... | 28 |
| 2-1Taux final de germination..... | 29 |
| 2-2Délai de germination..... | 29 |
| 3-Sous traitement hydrique..... | 30 |
| 3-1Taux final de la germination..... | 30 |
| 3-2Délai de germination..... | 31 |
| IV- Discussion..... | 32 |
| Conclusion générale..... | 37 |
| Référence bibliographique..... | 38 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Répartition géographique de quinoa (FAO ; 2011)..... | 4 |
| Figure 2 : Culture de quinoa en Bolivie..... | 4 |
| Figure 3 : Racines de quinoa..... | 5 |
| Figure 4 : Feuilles de quinoa | 6 |
| Figure 5 : Fleurs hermaphrodites et femelle de quinoa..... | 7 |
| Figure 6 : Fromes des graines du quinoa..... | 8 |
| Figure 7 : Panicule de quinoa..... | 8 |
| Figure 8 : Phénologie de quinoa..... | 9 |
| Figure 9 : Les utilisations de quinoa..... | 10 |
| Figure 10 : Différent phases de germination..... | 15 |
| Figure 11 : A : graines de quinoa (originale 2020) ; B : structure interne de la graine..... | 21 |
| Figure 12 : graines de quinoa mises à germer..... | 22 |
| Figure 13 : Taux finaux de germination des graines de quinoa sous stress salin..... | 26 |
| Figure 14 : Délai de germination des graines de quinoa sou stress salin..... | 27 |
| Figure 15 : Taux finaux de germination des graines de quinoa sous stress thermique..... | 28 |
| Figure 16 : Délai de germination de la graine de quinoa sous stress thermique..... | 28 |
| Figure 17 : Taux finaux de germination des graines de quinoa sou stress hydrique..... | 29 |
| Figure 18 : délai de germination des graines de quinoa sous le stress hydrique..... | 30 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Classification scientifique de quinoa..... | 8 |
| Tableau 02 : Production du quinoa..... | 10 |
| Tableau 03 : Les concentrations salines utilisées..... | 23 |
| Tableau 04 : Les concentrations du stress hydrique utilisé..... | 23 |
| Tableau 05 : Test statistique du résultat obtenu sous stress salin..... | 30 |
| Tableau 06 : Test statistique du résultat obtenu sous stress thermique..... | 31 |
| Tableau 07 : Test statistique du résultat obtenu sous stress hydrique..... | 31 |

Liste des abréviations

| | |
|------------|---|
| al | 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 |
| Mpa | Méga pascal |

Introduction générale



Introduction

Dans le monde, la productivité et le développement agricole sont confrontés à plusieurs contraintes abiotiques (hydrique, thermique et saline). Parmi ces contraintes, la salinisation des sols est considérée comme le facteur le plus important qui limite la production, notamment au niveau des régions arides et semi arides.

La salinité des sols est présente dans la plupart des grands systèmes d'irrigation à travers le monde sous l'effet conjugué d'une mauvaise qualité des eaux d'irrigation, de l'aridité et d'un drainage insuffisant du sol et des aquifères. Les superficies irriguées ont connu un accroissement très rapide depuis 1950, elles atteignent aujourd'hui près de 300 millions d'hectares (**Marlet, et al. 2005**). D'après **Rhoades (1997)**, les évaluations indiquent que, selon les situations, de 15 à 50% des terres aménagées et environ 50% des systèmes d'irrigation seraient affectés par la salinité, plus particulièrement dans les zones arides (**Marlet, et al. 2005**). Aussi en Algérie le climat est caractérisé par l'irrégularité de la pluviosité dans le temps et dans l'espace ainsi que par une tendance vers plus d'aridité et donc un impact accru des sécheresses. Ces dernières sont considérées comme les facteurs d'une perte partielle ou totale de production (**Hassani et al., 2008**).

La germination est l'ensemble des événements qui commencent par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon. 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 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 et donc des taux finaux de germination et d'autres paramètres relatifs à la germination.

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

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) représente une alternative très encourageante pour faire face au problème de la salinité, puisqu'il s'agit d'une culture qui tolère le sel, tout en maintenant un rendement élevé. Cette culture qui est une pseudo-céréale est native de la région andine de l'Amérique du sud et est bien adaptée aux conditions environnementales extrêmes telles que les hautes altitudes, les faibles précipitations annuelles, la salinité élevée des sols et les basses températures (**Tapia 1999**).

Ces caractéristiques et bien d'autres en font une culture attrayante pour les régions arides et semi-arides, où le manque d'eau et la salinité sont considérés comme des problèmes agricoles majeurs (**Burrieza, et al. 2012**).

Cette plante a des concentrations élevées de protéines, tous les acides aminés essentiels, les acides gras insaturés et un faible indice glycémique (GI) ; il 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**)

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

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.

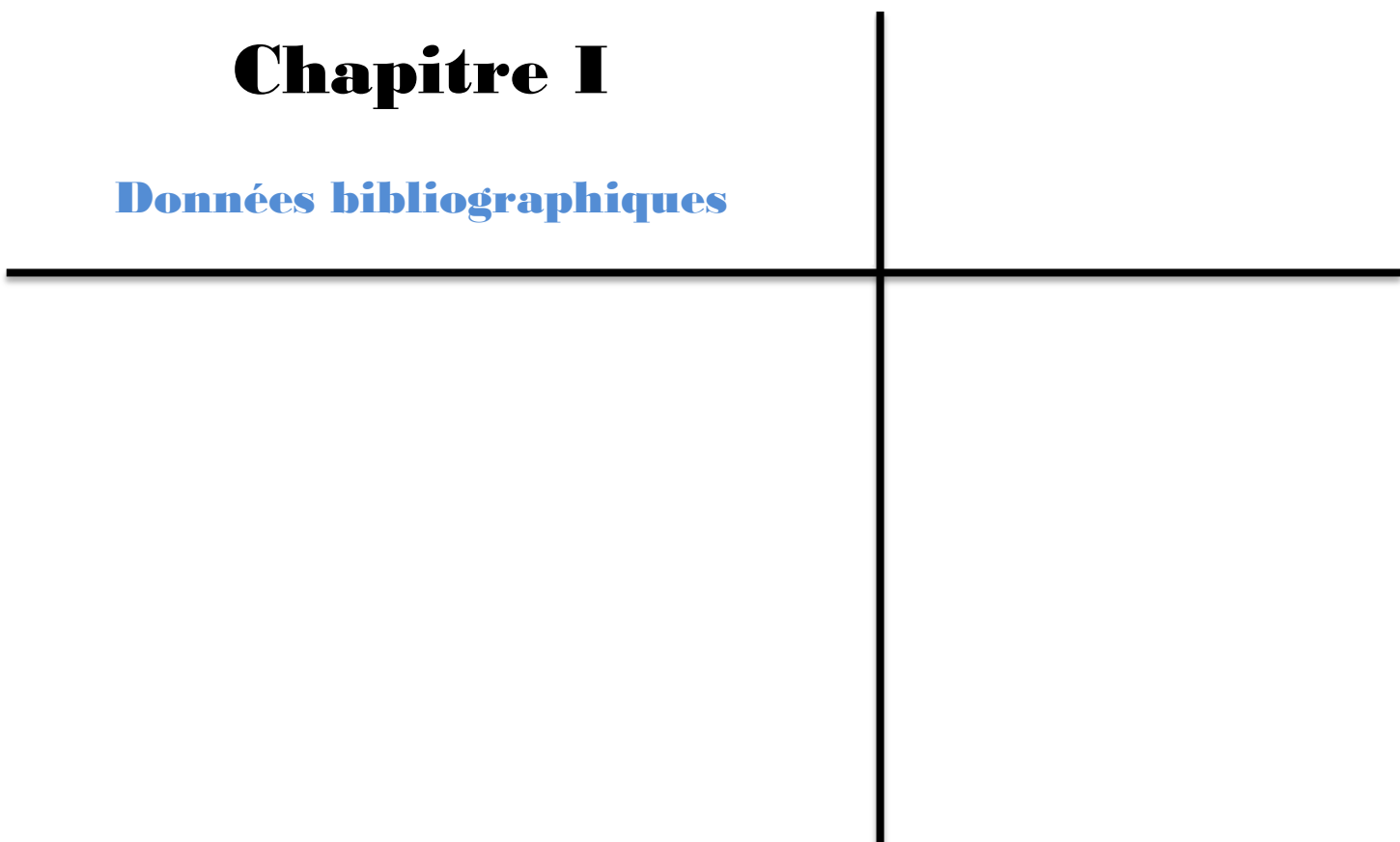
Première partie

Analyse bibliographique



Chapitre I

Données bibliographiques



I-1 : Le quinoa

I-1-1 : Historique :

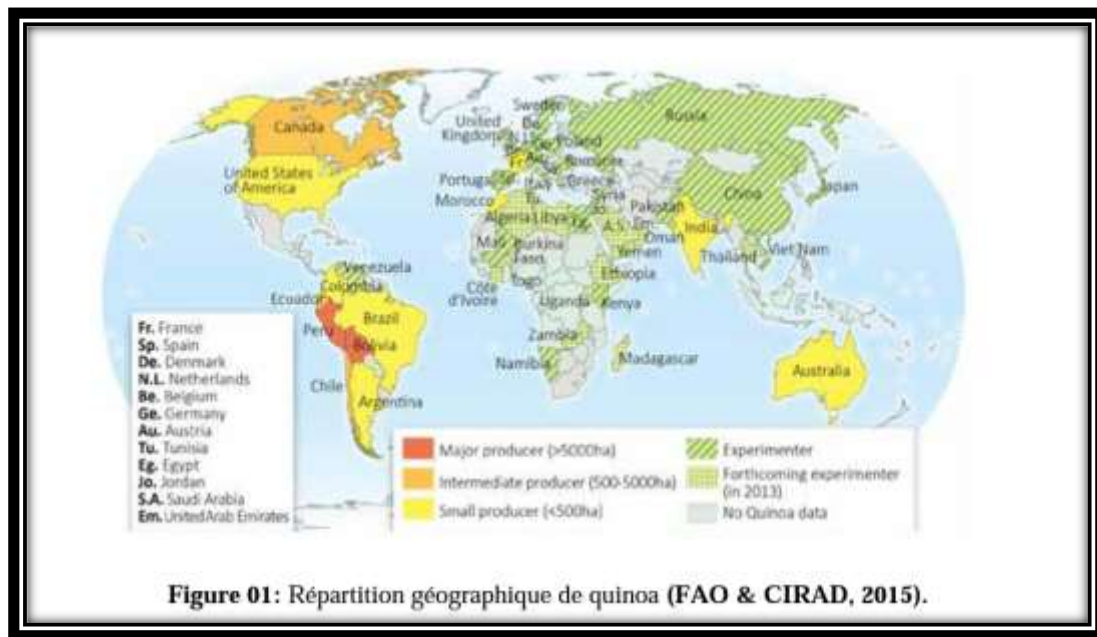
Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est une plante herbacées annuelle de la famille des Amarantacées (**Herbillon ; 2015**) originaire des Andes de l'Amérique du sud. Elle a été domestiquée elle est actuellement considérée comme une pseudo céréale puisqu'elle appartient à la famille des chénopodiacées et non à celle des poacées (**Herbillon ; 2015**). C'est une plante caractérisée par sa bonne valeur nutritionnelle et surtout par sa résistance considérable aux conditions défavorables du climat comme la sécheresse, la salinité et le froid. Elle peut être cultivée à haute altitude dans les régions montagneuses (**Maradini et al., 2015**)

Le développement technique du quinoa a été développé et distribué à travers les territoires des Incas. Mais avec l'arrivée des Espagnol au XVI siècle, la culture de l'utilisation du quinoa a considérablement diminué en raison de l'introduction des cultures Européennes.

A la seconde moitié du XXe siècle ; le quinoa est devenu un produit alimentaire populaire notamment dans l'Europe et en Amérique du Nord. Le nombre de pays cultivant cette espèce a augmenté de 8 en 1980 à 95 en 2015, ainsi que le nombre de centres de recherche qui étudient la culture du quinoa (**Da Cunha Velso ; 2016**)

I-1-2. Répartition géographique

Le quinoa est une espèce très répondeue géographiquement (**Fig N° 1**). 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**)



I-1-3-Description botanique :

Le quinoa est une plante dicotylédone herbacée autogame annuelle, elle peut atteindre une hauteur de 3m, il est considéré comme une pseudocéréale (Carmen Del *et al.* , 2008 ; Cordillon –Bastila *et al.* ,2016)



Figure 02 : Culture de Quinoa en Bolivie (Touati ;2018)**I-1-3-1- Appareil végétatif****I-1-3-2 -Les racines**

L'appareil racinaire est bien développé (**Fig N° 3**) fortement ramifié il protège le quinoa contre les conditions de la sécheresse et donne une bonne stabilité.

La croissance de la partie racinaire est en rapport étroit avec celle de la partie aérienne, par exemple des plante de atteignant 1,70m hauteur ont développé des racines de 1, 50m et d'autre de 90cm de hauteur, avec une racine de 80cm (**Carmen Del et al., 2008 ; Herbillon , 2015**) .

**Figure 03 : Racines de quinoa (Djedei et Merabet ; 2019)****1-3-3 La tige :**

La tige est cylindrique, son diamètre varie entre 3et 5cm, son hauteur entre 50cm et 2m. Selon les variétés et les conditions de culture. Elle peut être unique ou bien présenter de nombreuses ramifications (**Herbillon, 2015 ; Gordillo-Bastidas et al., 2016**).Elle contient une moelle de texture tendre chez les jeunes plantes, devenant spongieuse et creuse à maturité, avec une écore ferme et compacte. La couleur de la tige est également très variable. Elle peut être blanche, jaune ou marron clair à rouge (**Gordillo-Bastida et al., 2016**)

I-1-3-4 Les ramifications :

Les branches sortent de l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales (**Herbillon ,2015**) Selon le développement des ramifications, on trouve : des génotypes très ramifiés (quinoa des vallées), et parfois même à partir de la base (quinoa au niveau de la mer) tandis que d'autre présentent une tige unique (quinoa des haute plaine) (**Carmen Del et al., 2008**).

I-1-3-5 Les feuilles :

Les feuilles (**Fig N°4**) présentent un polymorphisme, les feuilles inférieures sont grandes, rhomboïdales ou triangulaire, tandis que les feuilles supérieures sont petites lancéolées ou triangulaire (**Herbillon ; 2015 Bhargava et al.,2006**). La couleur des feuilles varie selon le génotype, elles sont généralement vertes lorsqu'elles sont jeunes puis elles virent au jaune, rouge ou violet, elles présentent des adaptations morphologique variées qui les aident à résister à la sécheresse pendant la croissance, parmi lesquelles une cuticule cireuse et des stomates protégés par un épiderme épaissi (**Herbillon ; 2015**)



Figure 04 : Feuille du quinoa (Touati ; 2018)

I-1-3-6 Les fleurs :

Le quinoa a des fleurs incomplètes (**Fig. N° 5**), elles n'ont de pétales (Apétales) très petites 3mm au maximum (**Carmen Del et al.,2008**). Une caractéristique importante du quinoa est la présence de fleurs hermaphrodites et des fleurs femelles unisexuées. Les fleurs hermaphrodites localisées à l'extrémité proximale, sont constituées d'un périgone sépaloïdes (cinq sépales), d'un gynécée (ou pistil) avec un ovaire ellipsoïdal et 2 ou 3 stigmates entourées par l'androcée, lui-même composé de 5 étamines recourbés et courtes, tandis que la fleur femelle se compose seulement périgone et d'un gynécée (**Herbillon. 2015 ; Bhargava et al., 2006**)

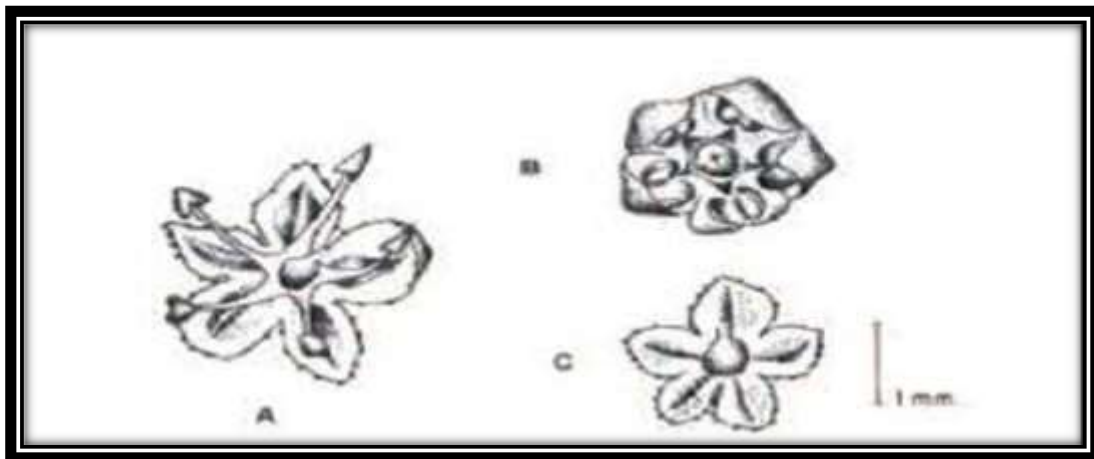


Figure 05 : Fleurs hermaphrodites et femelles de quinoa (Herbillon ;2015)

- A- Fleur hermaphrodite en période d'anthèse
- B- Fleur hermaphrodite avant l'anthèse
- C- Fleur femelle

I-1-3-7 Les graines :

Le fruit est un akène comprenant plusieurs couches, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur : périgone , péricarpe et épisperme .Chaque fruit contient une seule graine qui peut atteindre jusqu'à 2,66mm de diamètre selon la variété (**FAO ; 2011 ;Bhargava et al.,2006**) La péricarpe contient de la saponine qui donne le gout amer caractéristique du quinoa.

La couleur des graines est variable du blanc, jaune, rouge au noir, selon la variété (Yazar et al.,2014). Il existe quatre formes de gaines (Fig N° 6), conique, cylindrique, ellipsoïdale et lenticulaire (Biodiversity International et FAO ; 2013).

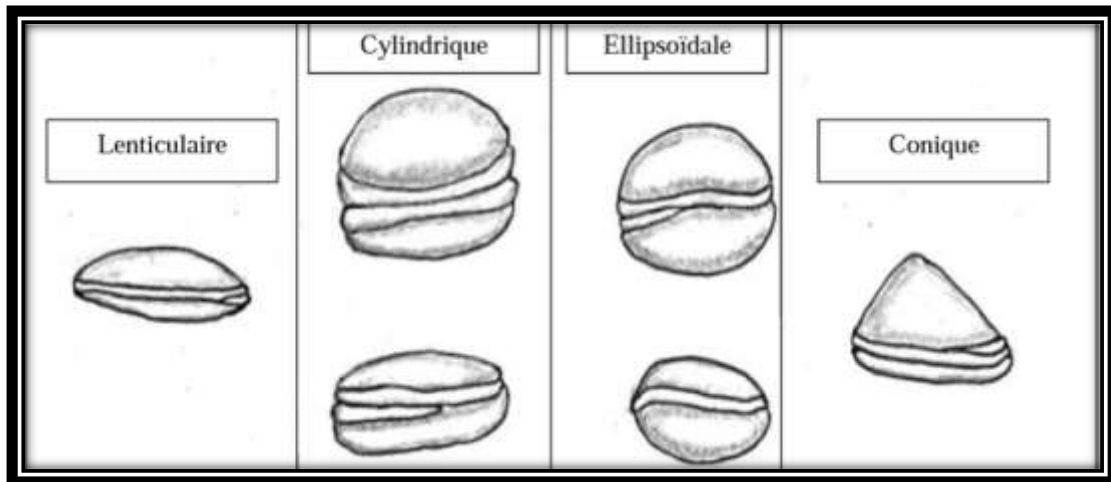


Figure 06 : Forme des graines du quinoa (Bioversity Internatonal et FAO ; 2013)

I-1-4- : Classification de Cronquist (1981)

Règne : Plantae

Sous-embr : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Caryophyllidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Chenopodiaceae

Genre : Chenopodium

Nom binominal : *Chenopodium quinoa* Willd

I-1-5 Ecologie du quinoa :

Le quinoa est une culture qui peut pousser à des températures allant de -4 à 38°C et la température optimale varie de 15 à 20°C (**Pedersen et Tingvoll ; 2013**). Mais au stade floraison, la plante est très sensible aux fortes températures celles supérieures à 35°C peuvent conduire à la dormance et la stérilité du pollen (**Cercam ; 2014**). Bien que le quinoa résiste aux périodes de sécheresse, il exige une humidité suffisante au début de la culture (**FAO ; 1994**).

La culture de la plante de quinoa nécessite un sol sableux ou loam qui peut retenir une quantité suffisante d'humidité (**Line ;2016 ; Valencia ; Chamorro ; 2004**)et riche en matière organique .Le quinoa a été cultivé sur divers types de sol , y compris des sols marginaux très pauvres , salin ou mal drainés avec un large intervalle de pH allant de 4 ,8 à 8,5 (**Yazar et Ince Kaya ;2004**) . De plus de quinoa tolère le déficit hydrique .Le gel (-1 à 0°C) et s'adapte bien aux hautes altitudes de 2000 à 3000 mètre (**Cercam ; 2014**).Pour la germination des graines du quinoa, la température optimale du sol doit être de 8°C à 10°C et la profondeur de semis optimale de 1à 2cm (**Yazar et Ince Kaya ; 2004**).

I-1-6- Phénologie de quinoa

Le quinoa présente des phases phénologiques bien marquées et différenciées qui permettent d'identifier les changements qui se produisent au cours du développement de la plante. Douze stades phénologiques ont été identifiés pour le quinoa (Fig8) (**Mujica and Canahua, 1989**).



Figure 08 : Phénologie du quinoa (**Rodriguez Calle ;2006**)

I-1.6.1. Levée

Elle correspond à la sortie de la plantule et au déploiement des feuilles cotylédonaires (germination épigée). Elle se produit entre sept et dix jours après le semis, en conditions de germination optimales (Fig.08)

I-1.6.2. Deux feuilles vraies

Les deux premières feuilles vraies apparaissent 15 à 20 jours après le semis, conjointement à une croissance rapide des racines. Elles sont de forme rhomboïdale au contraire des feuilles cotylédonaires, lancéolées. Elles sont très sensibles aux attaques d'insectes (Fig.08)

I-1.6.3. Quatre feuilles vraies

La deuxième paire de feuilles vraies se déploie 25 à 30 jours après le semis (Fig.08). Les feuilles cotylédonaires sont toujours vertes. La plantule montre dans cette phase une assez bonne résistance au froid et à la sécheresse, mais ses feuilles tendres constituent une alimentation de choix pour les ruminants

I-1.6. 4. 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 cotylédonaires commencent à se flétrir (Fig.08). 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).

I-1.6.5. Ramification

A partir du stade huit feuilles, soit 45 à 50 jours après le semis, on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième nœud. 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 (Fig.08)

I-1.6.6. Début de formation de la panicule

L'inflorescence commence à apparaître à l'apex de la plante au bout de 55 à 60 jours, entourée d'une agglomération de feuilles de toute petite taille qui la recouvrent encore en partie (Fig.08). Parallèlement, la première paire de feuilles vraies jaunissent et n'est plus photosynthétiquement active. La tige s'allonge et son diamètre augmente.

I-1.6.7. 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 (Fig.08)

I-1.6.8. Début de floraison

Les premières fleurs s'ouvrent 75 à 80 jours après le semis. La plante commence à être plus sensible au froid et à la sécheresse (Fig.08)

I-1.6.9. Floraison

L'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence se produit aux environs du 90ème ou 100ème 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 (Fig.08).

I-1.6.10. 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 (Fig.08).

I-1.6.11. Grain pâteux

L'intérieur des fruits devient d'une consistance pâteuse, toujours de couleur blanche, 130 à 160 jours après le semis (Fig.08).

I-1.6.12. Maturité physiologique

Le grain, plus résistant à la pression, est à maturité au bout de 160 à 180 jours, avec une teneur en humidité qui varie de 14 à 16%. Pendant le remplissage des grains depuis la floraison, la plupart des feuilles ont jaunies et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité (Fig.8).

I-1-7- Production du quinoa :

Les principaux pays producteurs de quinoa au monde sont le Pérou et la Bolivie avec plus de 90% de la production mondiale en tonne pour les principaux pays producteur est résumée dans le tableau suivant : (Cercam ; 2014)

Tableau 02 : production du quinoa

| PAYS | 2004 | % | 2010 | % |
|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Pérou | 27040t | 52% | 41079t | 58% |
| Bolivie | 24688t | 47% | 29500t | 41% |
| Equateur | 641t | 1% | 840t | 1% |
| Total | 52369t | 100% | 71419t | 100% |

I-1-8-Les intérêts et utilisations du quinoa

Les principales utilisations du quinoa peuvent être résumées comme suit :

I- 1.8. 1. Dans l'alimentation humaine

Les graines sont utilisées après l'élimination du contenu amer (saponine de l'épisperme) sous forme de salades, apéritifs, ragoûts, soupes, desserts, boissons, pain, biscuits, gâteaux (Muñoz, Monteros et al., 1990). Les graines germées sont également un aliment exquis et très nutritif, en particulier pour les régimes alimentaires végétariens (Mujica, Izquierdo et al., 2001). Du point de vue nutritionnel, le quinoa apporte autant d'énergie que les aliments utilisés de façon similaire, comme les haricots, le riz, le maïs ou le blé. Il est en outre une source importante de protéines de qualité, de fibres alimentaires, d'acides gras et de sels minéraux. Toutefois, il convient de l'intégrer à un repas équilibré comportant de nombreux autres types d'aliments afin de se nourrir convenablement. La caractéristique importante chez le quinoa, est qu'il ne contient pas de gluten. À cet égard, c'est une source importante de la nourriture pour les patients cœliaque (allergie au gluten) pour répondre aux besoins en protéines et en glucides (Jacobsen 1995). On peut consommer les graines, les feuilles tendres jusqu'au début de la panicule (teneur en protéines peut atteindre 33% de la matière sèche) (Adolf, Shabala et al., 2012). Les oreilles servent à faire les cornichons et les feuilles se mangent fraîches en salade ou cuit comme des épinards (Abugoch et al., 2008)

I-1.8. 2. Alimentation animale

La plante entière est utilisée comme fourrage vert. Récoltés, les résidus, les feuilles et les tiges sont également utilisés pour nourrir bovins, ovins, porcins, lamas, alpagas, ânes, cobayes, chevaux et volailles (Lim 2013). Les graines bouillies sont utilisées pour l'élevage de poulets, canards, dindes et cailles; tandis que les céréales germées utilisées chez les bovins laitiers augmentent considérablement la production de lait (Mujica, Izquierdo et al., 2001).

I-1.8. 3.Médicament

Les graines, les feuilles, les tiges, la cendre et la saponine sont utilisées en médecine pour soigner plus de vingt-deux maladies et affections humaines, dont la forme et les quantités d'emploi sont parfaitement connus des natifs des hautes et froides contrées des Andes d'Amérique (Janpirunas, Callahuayas, Teguas, Laiccas et Ccamiris), principalement du Pérou, de la Bolivie et de l'Équateur (Thumb Vidal, 1954); Parmi les maux qui peuvent être combattus, nous avons: des abcès au foie, affections hépatiques, analgésiques dentaires, angor, antifongiques, pansements ou cataplasmes, apaisants et anti-inflammatoire, catarrhe des voies urinaires, caustique pour plaies, cicatrisation, ecchymose et commotions cérébrales, diurétique, contrôle des saignements internes, luxation, insectifuge, résolutifs, arômes gastriques, suppurations internes et vomitifs (Mujica, Izquierdo et al., 2001).

I-1.8. 4. Industrielle

Industriellement, on peut extraire de l'alcool industriel, des produits pour concentrer la cocaïne à partir de coca, saponine, quinoïne, acide quinoïque, carton de cellulose, amidon de bonne qualité, farine, huile etc (**Mujica, Izquierdo et al., 2001**). Les saponines de quinoa ont de nombreuses utilisations qui comprennent les détergents pour les vêtements, le lavage et un antiseptique pour les blessures de la peau (**Ahamed, Singhal et al., 1996**).

I-1.8. 5. Industrie alimentaire

Le quinoa est considéré comme une culture agroindustrielle à usage polyvalent (**Galwey 1993**), La pâte d'amidon de quinoa convient parfaitement à la préparation de produits alimentaires congelés et du type émulsion (**Ahamed, Singhal et al., 1996**); Bhargava et al. 2006a). Il est également riche en vitamines et minéraux essentiels, en fer et en calcium, le quinoa peut être utilisé dans l'industrie de la boulangerie car l'amidon présent dans les graines a des propriétés similaires à ceux trouvés dans le blé (**Gómez-Caravaca et al., 2011**).

I-1.8. 6. Intérêt agronomique

La culture du quinoa, intégrée dans la rotation de parcelles, améliore la structure des sols tout en diminuant le temps de jachère (**Fischer 2013**), ce qui améliore la rentabilité.

I-1.8. 7. Autres utilisations

Le quinoa a été recommandé comme culture potentiel d'un système de soutien à la vie écologique contrôlé (CELSS) de la NASA, qui vise à utiliser des plantes pour éliminer le dioxyde de carbone de l'atmosphère et générer de la nourriture, de l'oxygène et de l'eau pour les équipages des missions spatiales de longue durée (**Schlick and Bubenheim 1996**).

II-La germination

II-1-Généralités

La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une nouvelle génération (**Aya et al., 2011**)

La germination est définie comme étant l'émergence de la radicule et le développement qui amènent la graine au stade auquel son aspect indiquera si elle pourra se développer en une plante normale dans des conditions ambiantes favorables (**Bachetta et al, 2006 ; Aya et al., 2011**) . La germination des graines est un phénomène naturel qui intervient lorsque des semences sont imbibées d'eau dans des conditions favorables de température, d'oxygénation et d'obscurité (**Baumgartner et Monet 2007 ; Benssaadi 2011**)

Aussi selon (**Hopkins ; 2000 et Boumia, 2011**) la germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer. C'est le passage de la graine à la vie

active, sous l'effet de facteur favorable, elle commence pour la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire.

II-2- Conditions de germination

II-2-1 Facteurs externes de la germination

La germination ne peut avoir lieu que si l'eau, la température et l'oxygène, sont assurés :

II-2-1-1 L'eau :

L'eau est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieur en quantité suffisante (**Heller et al., 2004**). L'eau dissout l'oxygène et lui permet d'attendre l'embryon (**chaux et Fourry ; 1994**). L'absorption de l'eau par la semence s'effectue par osmose au travers les téguments qui sont plus au moins cellulosique (**Bensaadi ; 2011**)

II-2-1-2 L'oxygène :

Seul l'oxygène dissous dans l'eau d'imbibition est utilisé par l'embryon pour ses besoins métaboliques, ce gaz étant très peu soluble dans l'eau, la germination engage de nombreuse oxydation (**Bensaadi ;2011**)

II-2-1-3 La température :

Il existe pour chaque plante et chaque phase de végétation des températures minima, optima et maxima (**Bensaadi ; 2011**). Quand la température s'élève, la vitesse de germination s'accroît, en situation non limitante pour la germination , il faut en moyenne 30°C (**GATE et GIBON ;2003**)

II-2-2 Les facteurs internes

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 capable de germer et de donner des plantules viables (Vallade ; 2002). LA maturité d'une graine est atteinte lorsque toutes ses parties constitutionnelles enveloppe séminales et amande (tissus de revêtement de l'embryon) soit complètement différenciées morphologiquement (Heller et al., 2004).

II-3- Les phases de la germination :

Elle se compose de trois phases distinctes :

II-3-1- La première phase ou phase d'imbibition :

Correspond à une forte hydratations des tissus accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire (Heller et al., 2004). Elle implique un mouvement d'eau dans le sens du potentiel hydrique décroissant (Hopkins ; 2003)

II-3-2- La deuxième phase : ou phase de la germination :

La phase de la germination au sens strict est caractérisée par une stabilisation de l'hydratation et de l'activité respiratoire à un niveau élevé (Hopkins ; 2003). Durant cette phase, la graine peut être réversiblement hydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité (Heller et al., 2004).

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 Ilya 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. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurones où elles vont activer la synthèse d'hydrolase nécessaire à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire.

II-3-3-La troisième phase : ou la phase de croissance :

Correspond à une phase de croissance caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une élévation de la consommation d'oxygène. Puis très rapidement, on assiste à une reprise des divisions et grandissement cellulaire (HOPKINS ; 2003).

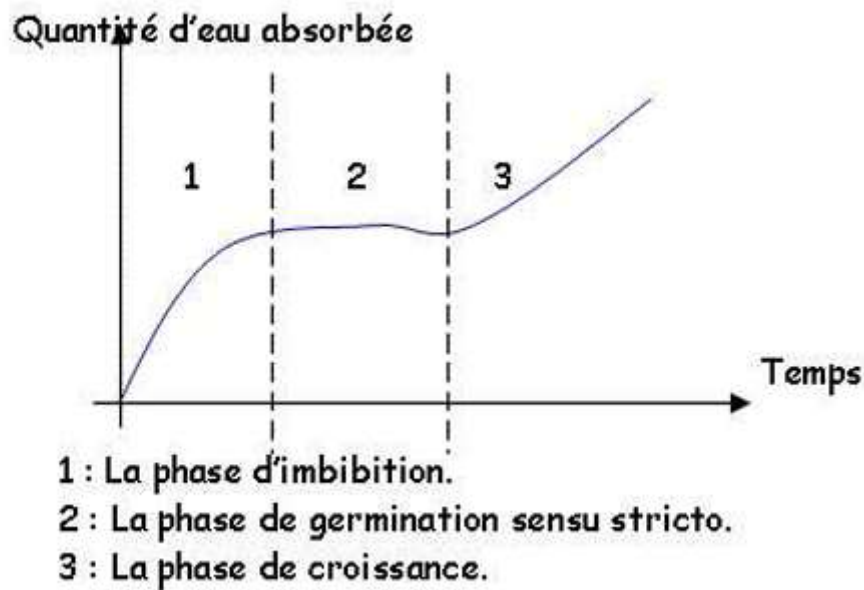


Figure 10 : Différentes phases de germination

II-4- Les différents types de germination :

On distingue deux types de germination :

II-4-1 La germination épigée :

Caractérisé par un soulèvement des cotylédons hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tige, le premier entre-nœud donne l'épicotyle, et les premières feuilles au-dessus des cotylédons sont les feuilles primordiales.

II-4-2 La germination hypogée :

Les cotylédons restent dans le sol (AMMARI ; 2011).

Remarque : on remarque que le type de germination de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est : épigée

III-1 Notions de stress

III-1-1 Le stress :

Le terme de stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant (**Levitt, 1980 in Ben kaddour, 2014**).

Le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processus physiologique résultant éventuellement des dégât, dommage, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Dutuit et al., 1994 in Ben kaddoure ;2014**).

On distingue deux grandes catégories de stress :

III-1-1 Stress biotique : imposé par les organismes (insectes, herbivores...etc.).

III-1-2 Stress abiotique : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physicochimique comme la sécheresse les températures extrêmes, la salinité...)

III-2-Different types de stress abiotiques

III-2-1-Stress hydrique :

Un stress hydrique est provoqué généralement par un déficit en eau, constituant ainsi une menace permanente pour la survie des plantes. Néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologique et physiologique qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (**Hopkins 2003**).

III-2-2-Stress thermique :

Chaque plante exige une température optimale de croissance et de développement qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures, lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà-elle s'annule (**Hopkins ; 2003**).

Le stress thermique est souvent définit 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 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 durées et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (**Oukarroum ; 2007**)

III- 2-3-Stress salin :

Le stress salin est un excès d'ion en particulier, mais pas exclusivement aux ions Na^+ et Cl^- (**Hopkins ; 2003**). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Ils réduisent fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes (**Tremblin ; 2000**).

III-3-Définition de la salinité :

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup des pays du monde. Elle est considéré comme le principal facteur abiotique qui limite la productivité végétale et le rendement agricole (**Boussaba et Chougui ; 2018**).

Les données actuelles se résument dans le bassin méditerranéen à 16 millions d'hectares de sols salés. L'Algérie se situe parmi les pays touchés, dont presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins et dans les régions arides et semi arides, la salinité constitue une contrainte majeur à la productivité et au développement agricole (**Benzahra et Snoussi ; 2018**)

III-3-1-Types de la salinité :

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

III-3-1-1 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.

III-3-1-2 La salinité secondaire : est d'origine anthropique résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels (**Munns et al .,2006**).

III-4-Effet de la salinité sur la germination :

La germination est régulée par des caractéristique génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sels (**Gutterman ; 1993 in Karoune ; 2016**). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**Maillard ; 2001 in karoune ; 2016**). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en

présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal (**Debez et al .,2001**). 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 :

III-4-1 Les effets osmotiques :

Se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination

III-4-2 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 in karoune ; 2016**).

III-5 Effet du 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 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 supérieur 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**)

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle correctement placée dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse la situation peut se traduire par une absence de levée (**Feliachi et al., 2001**). La sécheresse 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 cytotologique 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. Quoiqu'il en soit, 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 carbohydrate 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**).

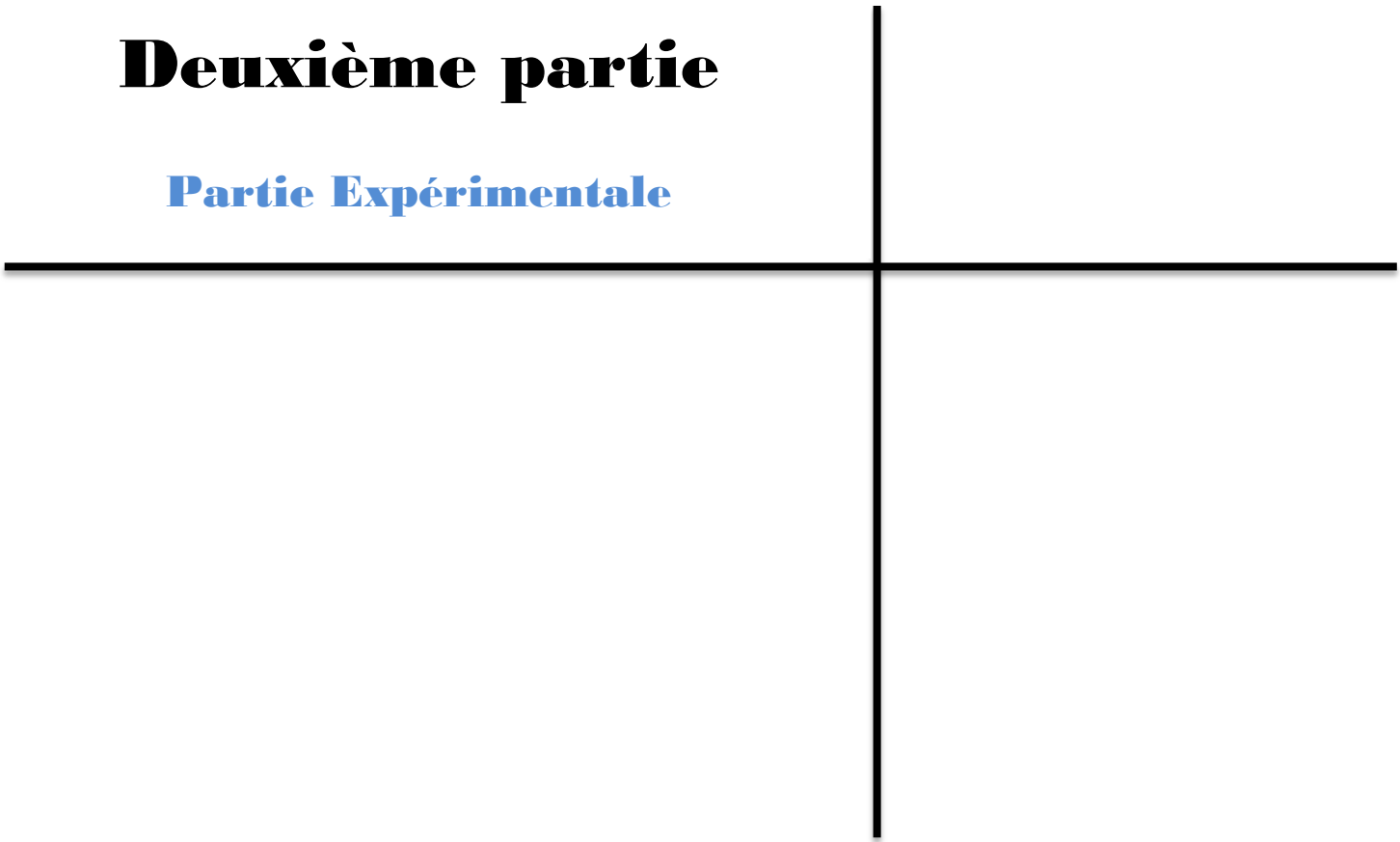
III-6 Effet de stress thermique sur la germination :

La sensibilité des plantes extrêmes est très variables de sorte qu'elle affecte la germination et la croissance de la plante , dont certaines sont tuées ou lésées par des baisses modérées température, tandis que certaines plantes sont parfaitement acclimatées, sont capable de suivre 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 constituant 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.

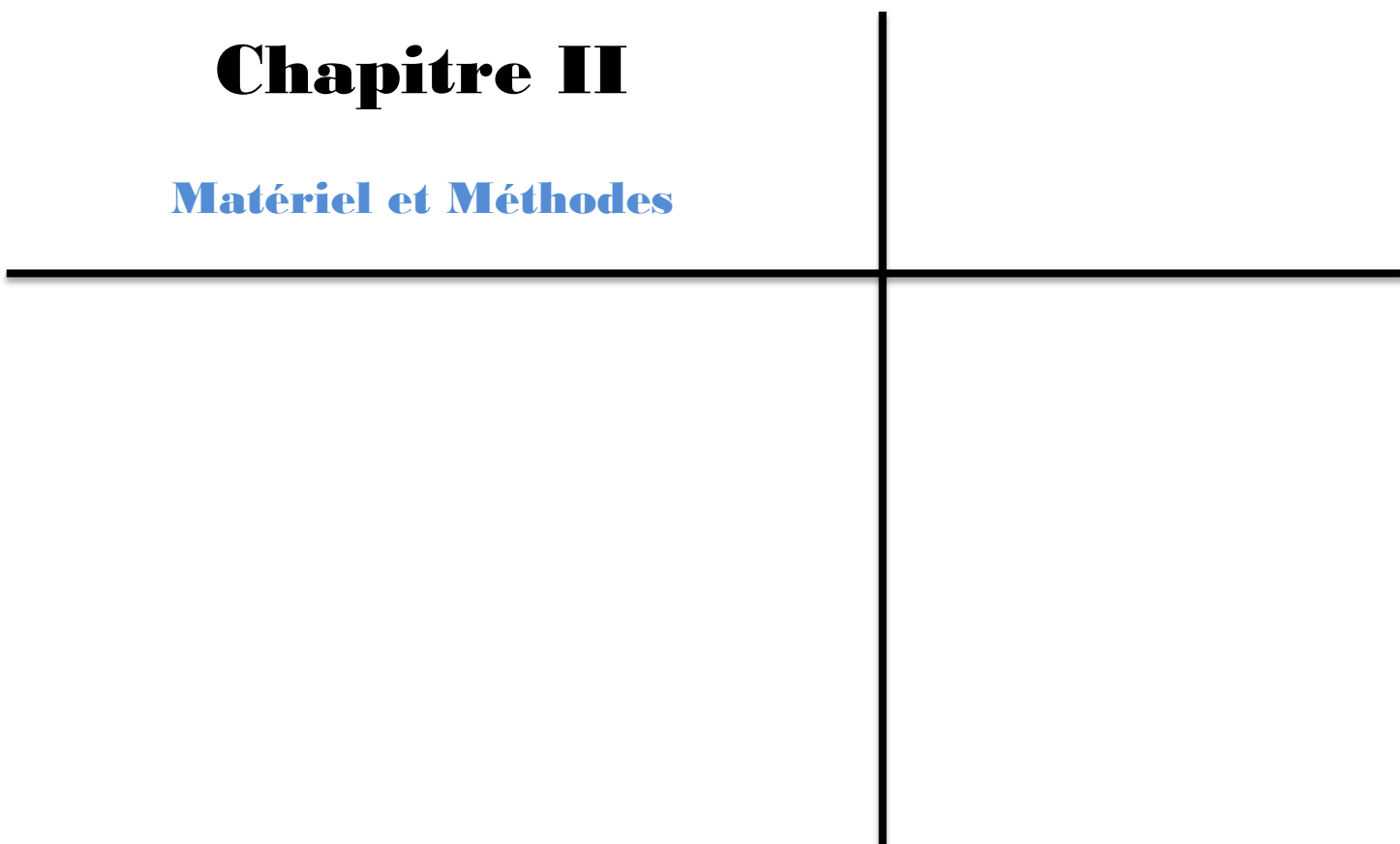
Deuxième partie

Partie Expérimentale



Chapitre II

Matériel 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 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 noire), commercialisées et conditionnées dans des emballages, achetés en octobre 2019. 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 (stress salin, stress hydrique, stress thermique).

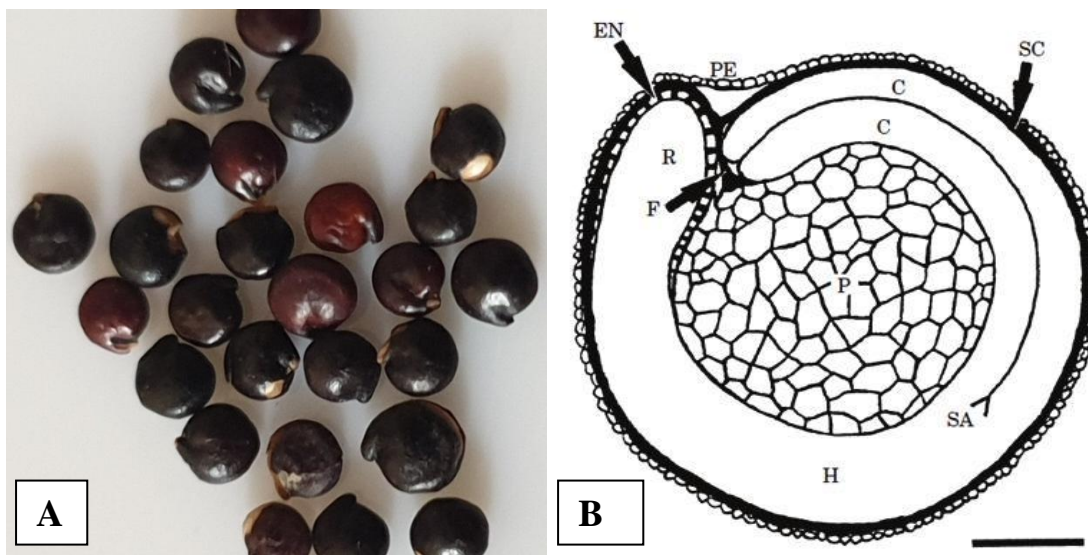


Figure 11 : A : graines de quinoa (originale 2020) ; B structure interne de la graine :(section médiane longitudinale).Le péricarpe (PE) entoure la graine. L'embryon consiste en un axe hypocotyle-radicule (H) et deux cotylédons (C). L'endosperme (EN) est présent dans la région micropylaire. (F): Funicule; (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, Fiche pays Pérou ; 2018).

3- Préparation des graines pour les tests de germination :

D'abord les graines sont désinfectées à l'hypochlorite de sodium (5%), en les trempant pendant 3 mn, puis rincées à l'eau distillé 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 filtre à raison de 25 graines par boîte.

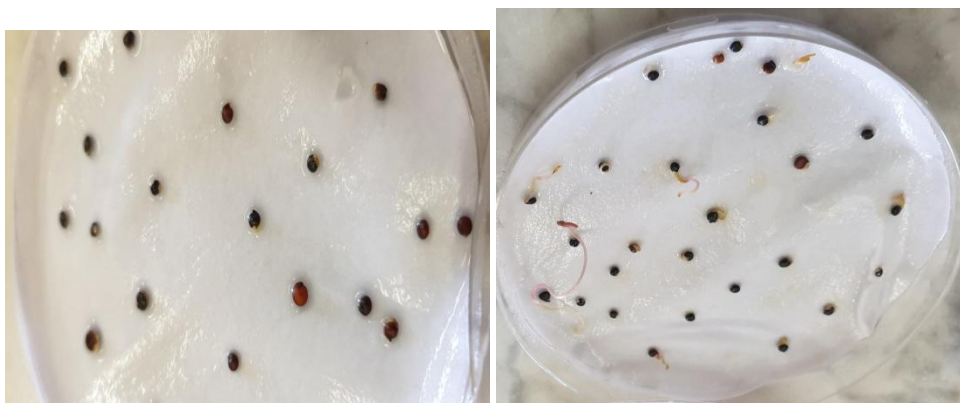


Figure N°12 X : graines de quinoa mises à germer

4-Protocole expérimental :

Pour chaque traitement 100 graines sont utilisées, disposées dans les boîtes de Pétri (fig. 12). 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 quatre traitements salins, les concentrations choisies sont 25 meq, 50mq, 100meq, 200meq 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 | 25 | 1 ,46 |
| Solution 2 | 50 | 2,92 |
| Solution 3 | 100 | 5,84 |
| Solution 4 | 200 | 11,68 |

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

Les boites de pétri concernées par le traitement thermique sont disposées à différentes températures .Un lot est mis à température ambiante (20 °C) environ vérifiée à l'aide d'un thermomètre. Un lot est mis dans un réfrigérateur à 4°C, enfin un lot est traité à 25 °C dans une étuve. Un dernier lot est mis à 40 °C.

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

Le stress hydrique est induit par le PEG 6000. Avec lequel nous provoquons des potentiels osmotiques suivant les concentrations choisies. Les boites de pétri sont mises à température ambiante. Les concentrations sont inspirées de **VILLELA er al.,(1991**

Tableau 04 : les concentrations du stress hydrique utilisé

| Concentration en g/L | Potentiel osmotique en MPa |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 0,00 | 0 |
| 72,48 | -0,1 |
| 112,23 | -0,2 |
| 143,18 | -0,3 |
| 201,32 | -0,4 |

II- Méthodes

1-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)**.

2-Estimation du taux final de germination

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

$$T_g = N_i \times 100 / N_t$$

(T_g : Taux de germination)

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 (C_v) proposé par **KOTOWSKI (1926)**, avec un temps moyen de germination (T_m).

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

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

N_1 : Nombre de graines germées au temps T_1

N_2 : Nombre de graines germées au temps T_2

N_3 : Nombre de graines germées au temps T_3

N_n : Nombre de graines germées au temps T_n

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

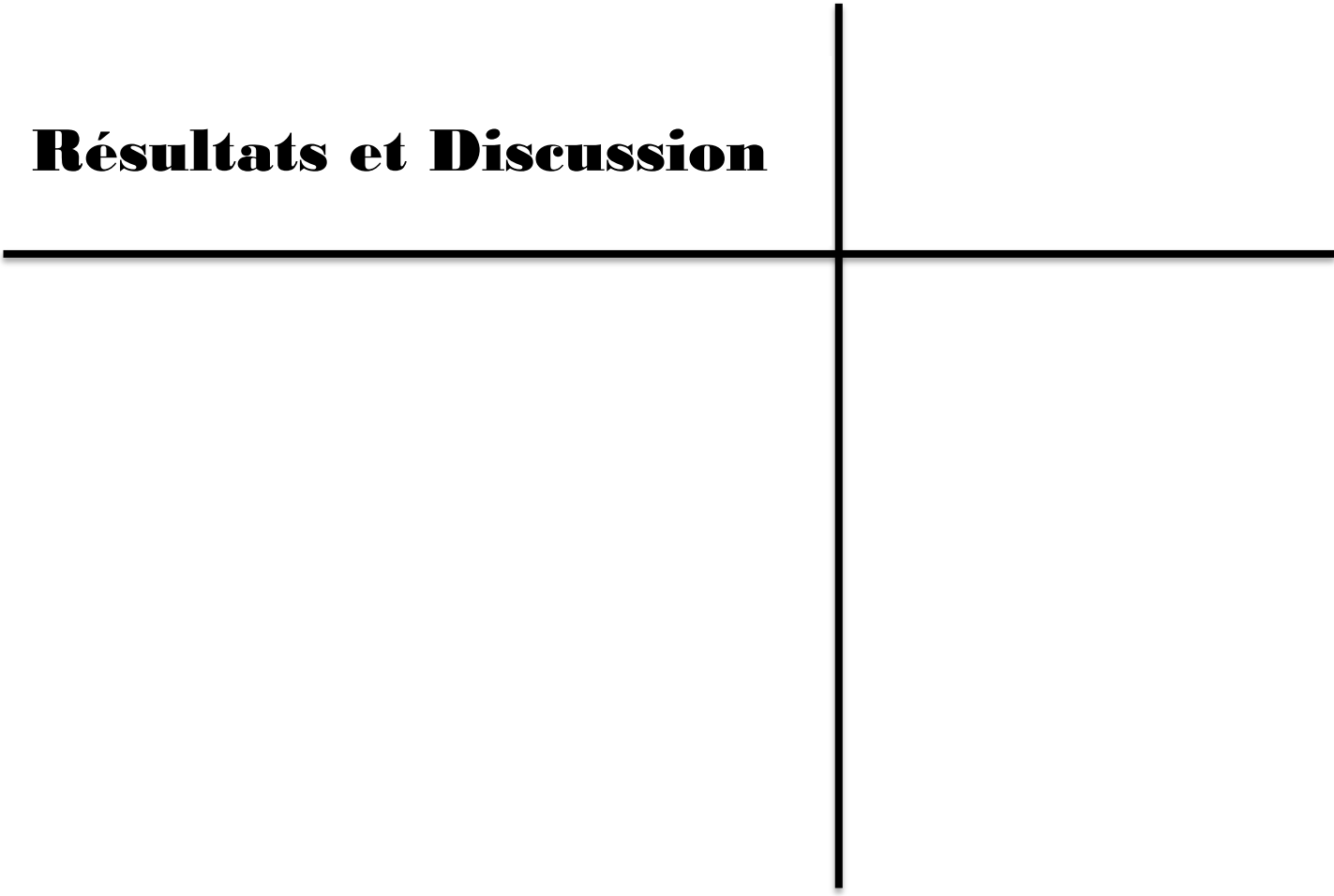
$$Z_n = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$$

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

Nous avons retenu la formule de **KOTOWSKI** consistant à calculer le Coefficient de Vitesse et le Temps moyen 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 le logiciel SPSS 20.

Résultats et Discussion



Résultats

1-Sous traitement salin➤ **Taux final de germination**

La figure 13, présente les variations des taux de germination des graines de quinoa sous les différentes situations salines. En effet nous remarquons une baisse des taux finaux de germination en fonction de l'intensité du stress salin. Chez le lot témoin et le lot des graines traitées à 25 meq la totalité des graines germent (100%). Les graines traitées avec les solutions suivantes : 50,100 et 200 meq présentent les taux de germinations totaux respectifs ; 98%, 95% et 93 %. Donc la lecture de l'histogramme montre que les taux de germination finaux sont importants pour toutes les concentrations salines étudiées dans notre expérimentation comparativement au témoin (0 meq).

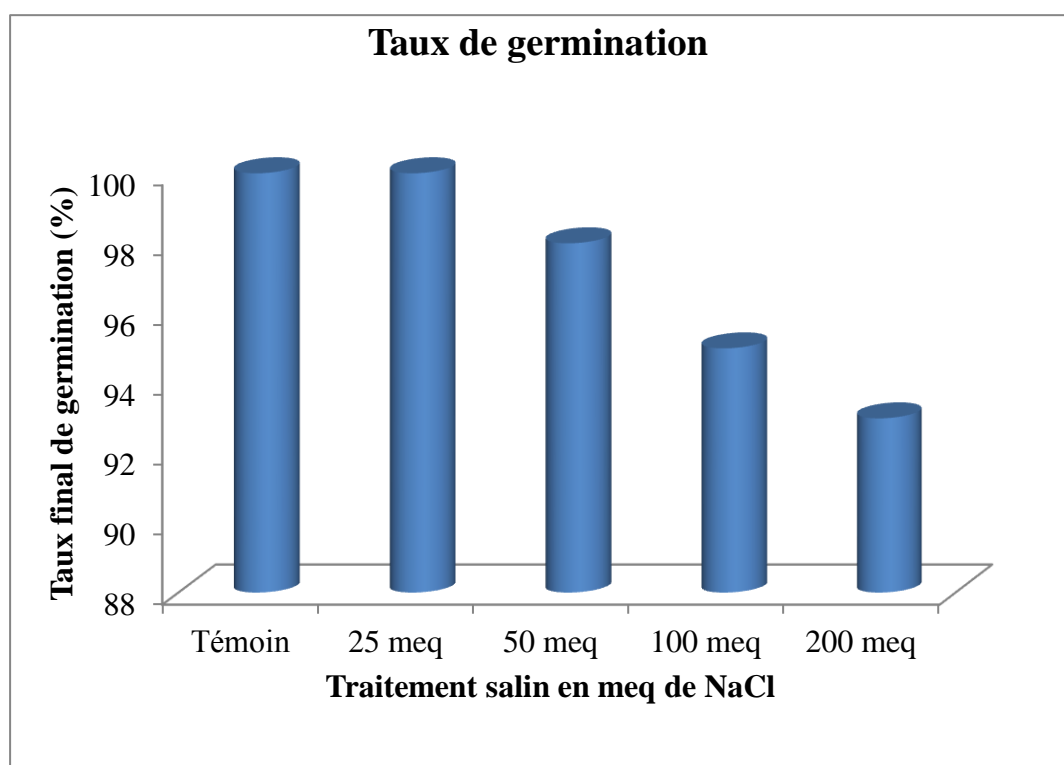


Figure 13 : Taux finaux de germination des graines de Quinoa sous le stress salin

➤ **Délai de germination**

La figure 14 démontre que les valeurs des délais de germination sont les mêmes quelle que soit l'intensité de la solution saline. Le début de germination a lieu dans tous les cas après 24h du semis. La différence réside dans le nombre de graines germées. En fonction du traitement ; C'est-à-dire du témoin et en augmentant la concentration saline ; 25,50, 100 et 200 meq nous remarquons les chiffres respectifs suivants ; 36, 33, 31, 32 et 28 % de graines germées sur le nombre total des graines mises à germer.

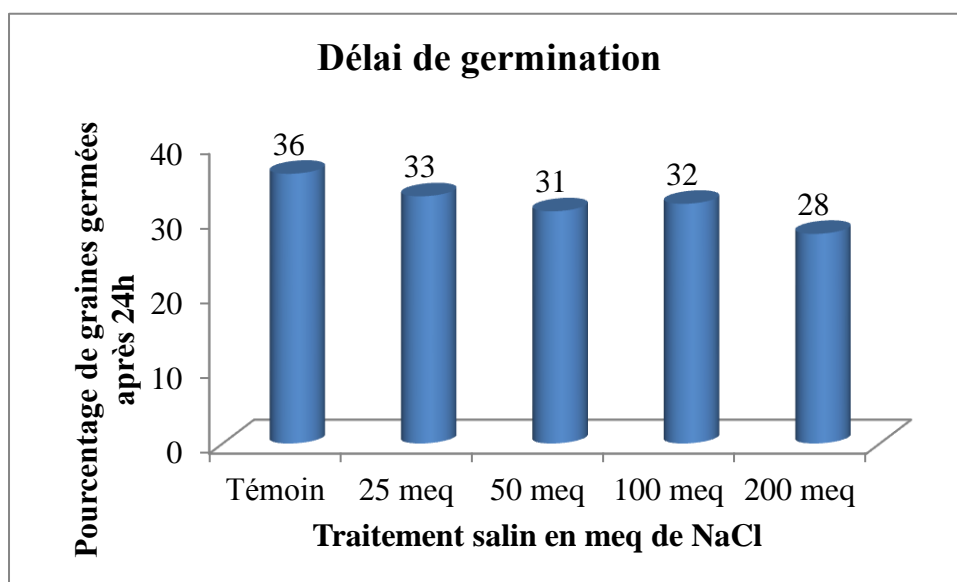


Figure 14 : Délai de germination des graines de Quinoa sous le stress salin

2- sous traitement thermique

➤ **Taux final de germination**

D'après les résultats illustrés sur la figure 14, le taux de germination atteint une valeur maximale de 100 % chez les graines mises à germer à 20 et 25 °C. Suit après le lot des graines traitées à 4 °C avec un taux de 56%. Le taux final de germination diminue encore en augmentant la température à 40 °C, ce dernier affiche une valeur de 45 %. Il est à noter que dans ce cas nous remarquons simplement une percée de la radicule mais celle-ci ne peut pas croître plus de 1 à 2 mm au maximum, même plusieurs jours après son apparition.

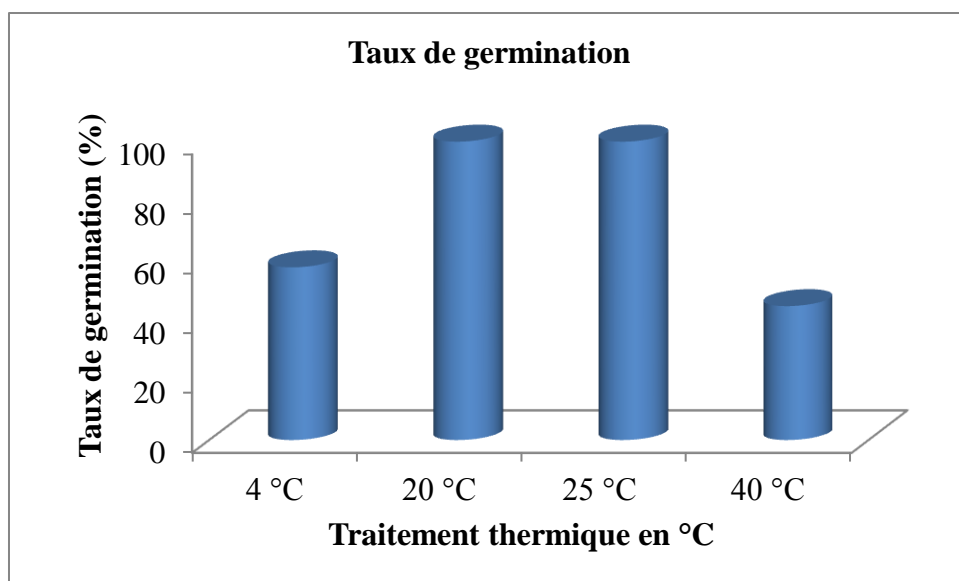


Figure 15 : Taux finaux de germination des graines de Quinoa sous le stress thermique

➤ Délai de germination

La figure 15 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 de traitements. Les différences résident au niveau des pourcentages de germination après les 24 heures. A 4 °C nous notons 15%, à 20 et 25 °C nous remarquons respectivement 35 et 36 % de graines qui germent après 24 heures. Chez les graines mises à 40 °C, nous comptons 20% de graines germées durant ce même temps.

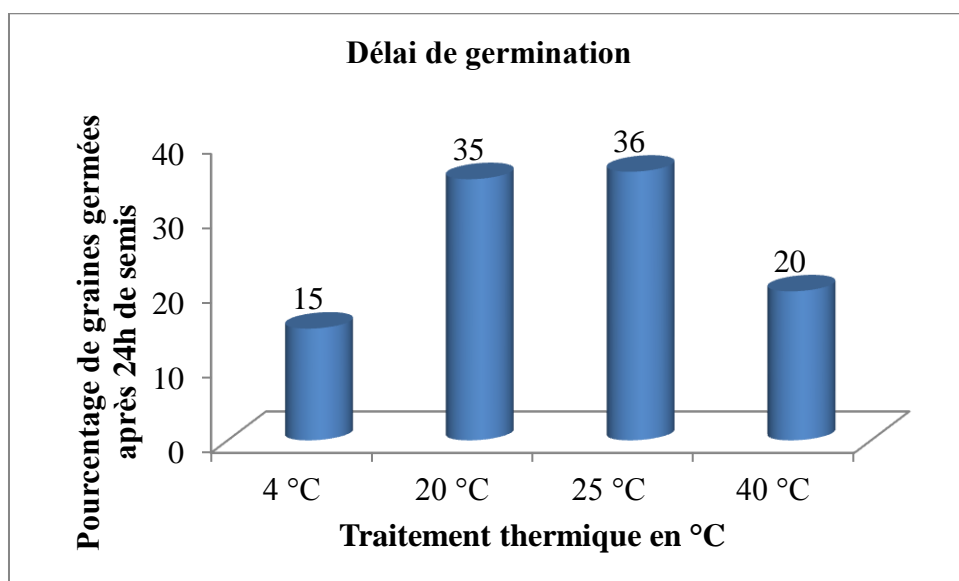


Figure 16 : Délai de germination des graines de Quinoa sous le stress thermique

3-sous traitement hydrique

➤ Taux de germination

Les graines de quinoa sont mises à germer dans des solutions de PEG-6000 (Eau distillée pour le lot témoin). Les graines sont incubées à 25 °C. Les taux de germination sont sensiblement réduits. Quand le potentiel osmotique est de -0,4 MPa le taux de germination est de 52%, alors que chez le lot témoin, nous notons 94% de graines qui germent en total.

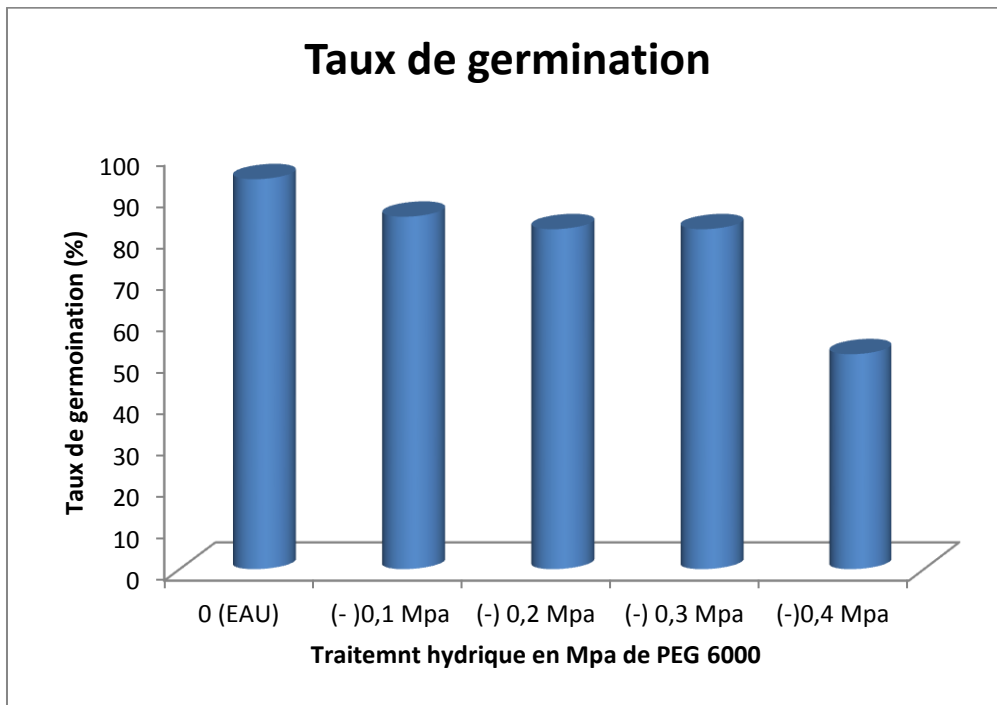


Figure 17 : Taux finaux de germination des graines de Quinoa sous le stress hydrique

➤ Délai de germination

La figure 18 représentant le délai de germination sous stress hydrique, elle met nettement en évidence que même si le début de la germination a lieu après 24 h sous tous les traitements, le pourcentage des graines germées est différents d'un traitement à l'autre : chez le lot témoin nous relevons 36 % de graines germées, alors que chez le lot de -0,4 Mpa de PEG 6000, il y a 25 % de graines germées. Les graines imbibées avec -0,1 ; -0,2 ; et -0,3 Mpa présentent respectivement 34, 32 et 30% de graines germées après 24 h.

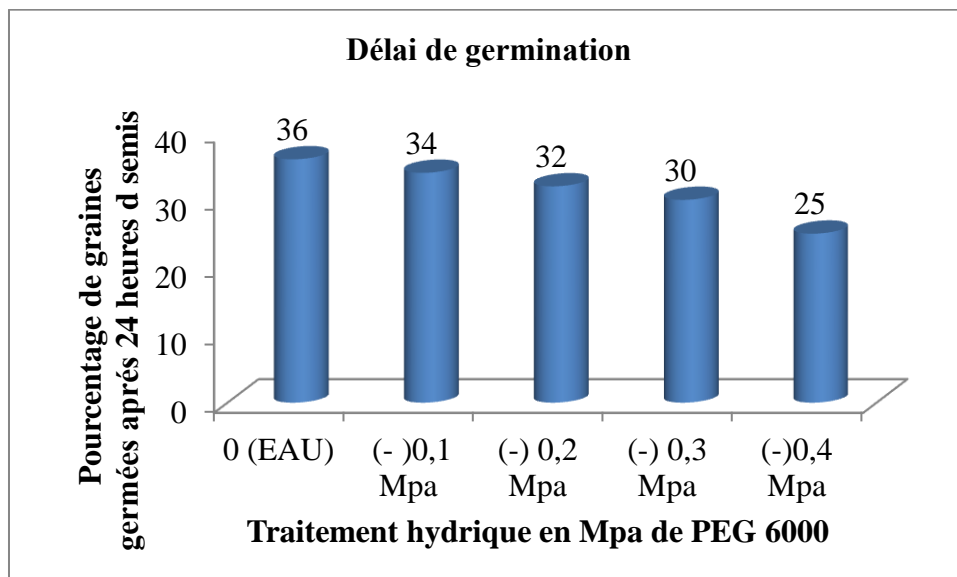


Figure 18 : Délai de germination des graines de Quinoa sous le stress hydrique

Tableau 05 : Test statistique des résultats obtenus sous stress salin des graines de quinoa à l'aide de l'analyse de la variance (P = 5%) utilisant le logiciel SPSS 20 (Statistical Package of Social Sciences).

| Paramètre | Probabilité | Témoin | Traitement salin en meq de NaCl | | | |
|--------------------------------|-------------|--------|---------------------------------|--------|---------|---------|
| | | | 25 meq | 50 meq | 100 meq | 200 meq |
| Taux finaux de germination (%) | 0.00 | 100 | 100 | 98 | 95 | 93 |
| Délai de germination | 0.00 | 36 | 33 | 31 | 32 | 28 |

Tableau 06 : Test statistique des résultats obtenus sous stress thermique des graines de quinoa à l'aide de l'analyse de la variance ($P = 5\%$) utilisant le logiciel SPSS 20 (Statistical Package of Social Sciences).

| Paramètre | Probabilité | Traitement thermique | | | |
|--------------------------------|-------------|----------------------|------|------|------|
| | | 4°C | 20°C | 25°C | 40°C |
| Taux finaux de germination (%) | 0,000 | 58 | 100 | 100 | 45 |
| Délai de germination | 0,000 | 15 | 35 | 36 | 20 |

Tableau 07 : Test statistique des résultats obtenus sous stress hydrique des graines de quinoa à l'aide de l'analyse de la variance ($P = 5\%$) utilisant le logiciel SPSS 20 (Statistical Package of Social Sciences).

| Paramètre | Probabilité | Traitement hydrique | | | | |
|--------------------------------|-------------|---------------------|----------|----------|----------|---------|
| | | Témoin | -0,1 MPa | -0,2 MPa | -0,3 MPa | -0,4MPa |
| Taux finaux de germination (%) | 0,000 | 94 | 85 | 82 | 82 | 52 |
| Délai de germination | 0,000 | 36 | 34 | 32 | 30 | 25 |

Discussion

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 structure qui entourent l'embryon (**Shereena and nabeesa 2006**). Notre travail a pour objectif d'estimer les effets des contraintes salines, hydriques et thermiques sur la phase de germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd.

A la fin de la période de notre expérimentation, nous constatons l'effet de la salinité, de la température et du stress hydrique sur la germination. Les variations de la germination des graines enregistrées dans ces conditions nous mènent à dire que la germination est régulée par les conditions expérimentales et en particulier par la disponibilité de l'eau et la présence de sel (**GUTTERMAN, 1993**) ainsi que la température. Chez les halophytes, comme chez les glycophytes, la salinité réduit la capacité de germination (**BAYNELO- JIMENZ et al.,2002**), cependant, les réponses sont variables selon les espèces et les génotypes.

La plupart des études ont montré que les effets des sels de chlorure sur la germination sont principalement osmotiques (**PUJOL et al., 1999 ; TOLC et al., 2002 ; MURILLO-AMADOU et al., 2002 ; KHAJEH – HOSSEINI et al., 2003**) alors que d'autres ont prouvé qu'il s'agit d'effets osmotiques et ionique(**DUAN et al.,2004 et 2005**).

Le potentiel hydrique caractérise l'état de l'eau d'une solution. La diffusion nette de l'eau s'effectue selon, un gradient décroissant de potentiel, c'est-à-dire d'un potentiel élevé vers un potentiel plus faible. L'eau pure a le potentiel le plus élevé (0). Toute solution aqueuse a donc un potentiel hydrique négatif (**MAZLIAK ,1998**). Le faible potentiel externe peut inhiber l'activité enzymatique des graines et retarder la sortie et le développement de la radicule (**PEREZ et TREMBELINI, 1995**). L'absorption du Na^+ a des effets toxiques sur la germination des graines principalement par perturbation du déplacement du Ca^{++} de la paroi cellulaire, ce qui pourrait perturber sa synthèse et par conséquent empêche la croissance des radicules (**ZIDANE et al., 1991 ; MARTINEZ et al., 2004 ; XUE et al., 2004**).

La germination et l'émergence des plantules en conditions de stress salin et hydrique sont révélatrices d'un potentiel génétique de tolérance à la salinité, au moins à ce stade de développement de la plante. En effet, bien qu'elle représente l'un des facteurs importants dans

l'établissement des espèces, la tolérance au stress hydrique au moment de la germination constitue, selon les conditions qui suivent cette première phase du cycle végétatif, soit un avantage soit un inconvénient. Les résultats de recherche relatifs à l'effet du stress hydrique sur la germination montrent qu'il est difficile de relier la tolérance aux contraintes hydriques, au moment de la germination, à l'écologie de l'espèce même (**Jaouadi et al., 2010**).

Au cours de la germination, la semence s'imbibe. Cette imbibition commence dès qu'elle est placée dans son milieu, à condition que la teneur en eau de ce milieu qui l'environne soit suffisante. L'imbibition de la graine déclenche des modifications hormonales, qui vont aboutir à des réactivations enzymatiques permettant le début de mobilisation des réserves (**Le Deunff, 1976 ; Lawrence et al., 1990**). Ces processus aboutissent à la percée de la radicule hors des téguments, la graine est alors germée (**Bewley et Black, 1994**). Dans notre cas nous supposons que ce ralentissement de vitesse de germination, de réduction au niveau des taux finaux de germination sont sans doute dus en premier lieu à un problème d'imbibition en eau puis à un problème de toxicité induit par les sels, car les graines qui sont imbibées par les solutions croissantes de PEG 6000 présentent également des retards dans la germination et des réductions des taux finaux de germination.

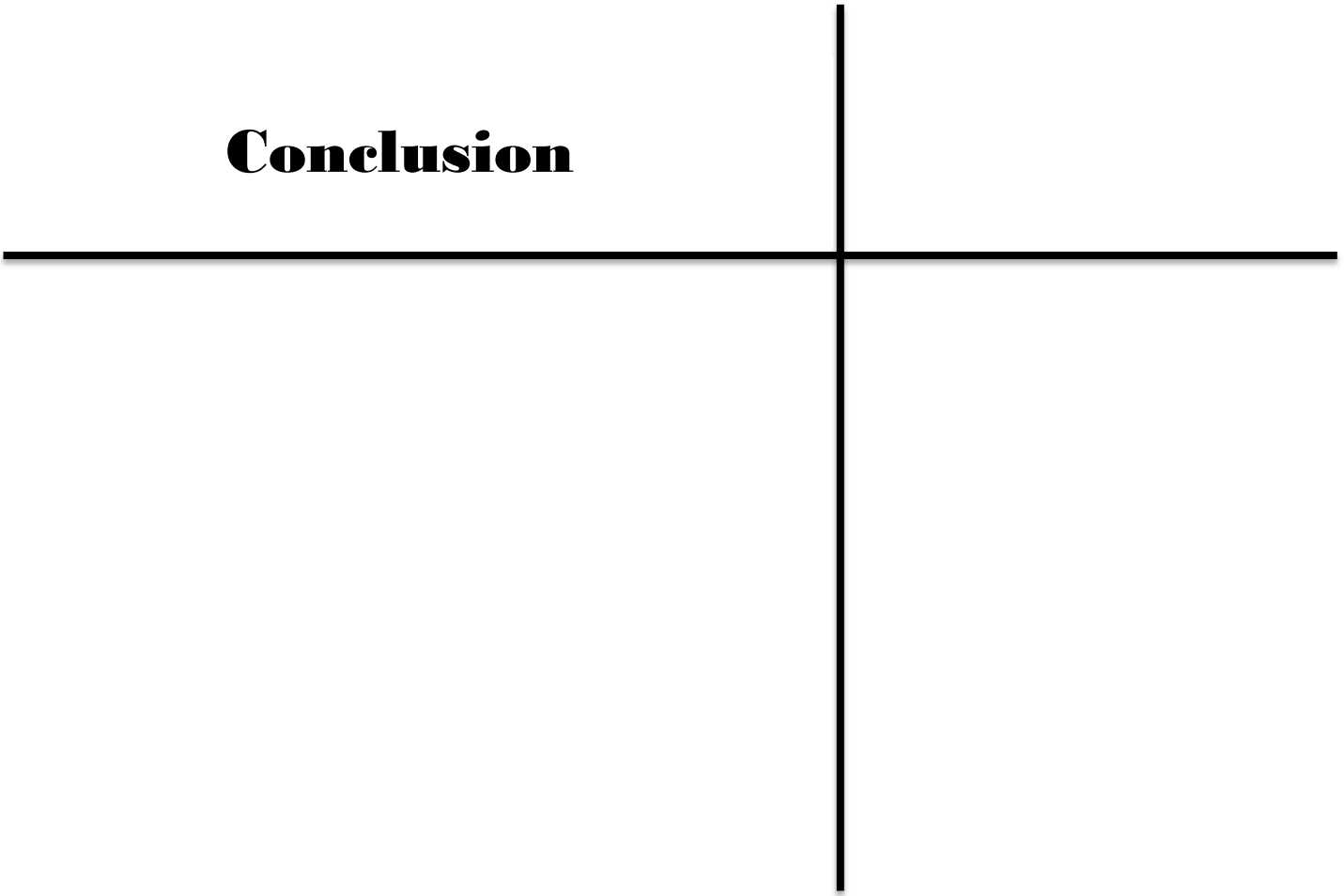
Les travaux de **Kshetrimayum et al. (2017)** ont bien montré qu'à partir de 2 g/l de NaCl, des processus métaboliques des graines en germination sont affectés comme la diminution de l'expression des voies enzymatiques de synthèse des aquaporines, ce qui influe sur la pénétration de l'eau dans la graine, affectant ainsi sa capacité d'imbibition. Le retard de germination, engendré par les concentrations croissantes du milieu en NaCl et PEG (première phase de la germination), pourrait s'expliquer par l'allongement du temps nécessaire à l'imbibition des grain (**Jaouadi et al., 2010**).

L'effet négatif des sels peut également s'expliquer par un ralentissement de la mobilisation des réserves, en raison de l'inactivation de la synthèse des hydrolases et/ou de l'inhibition du transfert des produits de l'hydrolyse de l'endosperme à l'embryon (De Oliveira et al., 1998). Lors d'un stress hydrique ou salin, des LEAS et des HSPs sont accumulées (Gallardo et al., 2001 ; Lachhab et al., 2013). Ces dernières interviennent comme osmoprotectants et antioxydants. D'autres études signalent que le stress salin induirait une production des dérivés réactifs d'oxygène (ROS) aboutissant à la peroxydation des lipides chloroplastiques et mitochondriaux, à la perte de l'intégrité membranaire, à la dégradation des protéines et à l'inactivation des enzymes (Reolon et al., 2013).

Selon Benkhilil et Denden (2014), 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. Moore (1985) l'embryon dans la graine exige plus d'oxygène quand la température augmente, cela peut provoquer l'entrée en dormance secondaire de l'embryon.

En effet, toute élévation de températures au-delà d'une certaine valeur provoque la déstabilisation et la déformation (dénaturation) des grosses molécules fragiles que sont les protéines-enzymes. On constate, aussi que ces hautes températures provoquent la rupture des liaisons hydrogènes et une augmentation des forces hydrophiles au niveau des membranes, par conséquent, un état physique fluide. La relation entre l'environnement thermique d'un organisme et la dépendance thermique des enzymes a été bien établie. Une lésion aux parois, due à la chaleur, peut être mesurée par une fuite ionique. Une lésion aux membranes due à un stress soudain de chaleur peut provenir soit de la dénaturation des protéines membranaires soit de la fonte des lipides membranaires qui conduit à la rupture des membranes et à la perte du contenu cellulaire (Ahrens et Ingram, 1988).

Conclusion



Conclusion

Au terme de cette étude nous pouvons conclure que la germination des graines de *Chenopodium quinoa* Willd. est sensible aussi bien au stress hydrique, au stress salin qu'au stress thermique. La salinité des sols, le manque d'eau constituent un problème majeur en Algérie de ce fait l'introduction d'espèce nouvelle comme le quinoa (*Chénopodium quinoa* Willd) qui possède un potentiel important de tolérance à ces stress constitue une solution durable notamment dans les régions à climats aride et semi-aride.

La phase de germination est considérée comme l'une des phases critiques sur laquelle repose le départ végétal. De ce fait il est important de bien cerner cette phase chez une espèce. Le déficit hydrique, engendrant un abaissement du potentiel hydrique est préjudiciable à l'imbibition des graines en germination. Cette difficulté limite la réactivation de l'activité métabolique et inhibe ainsi tout fonctionnement cellulaire capable d'une quelconque reprise de l'activité végétative. L'excès de sels dans l'eau provoque un effet toxique ou des difficultés dans l'absorption de l'eau, le stress thermique provoque des difficultés dans les processus physiologiques telles que la respiration, tous phénomènes engendrent des perturbations dans les taux finaux de germination ainsi que la vitesse de germination. 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.

En perspective et vu l'importance de la culture du quinoa en tant que plante cultivée, il serait primordiale de poursuivre ces travaux en multipliant les variétés et de continuer les expériences à des stades plus avancés, afin d'étudier l'effet des stress abiotiques sur la production. Car mêmes les espèces halophytes sont sensibles au stress aux stades germination. Enfin, pour expliquer l'adaptation aux stress d'une espèce il est nécessaire d'étudier en détail d'autres caractéristiques que celles qui prévalent au moment de la germination. Cependant les résultats de l'étude entreprise ici pourront contribuer à ce sujet chez le quinoa, la réussite de la germination étant déterminante dans la pérennité de peuplements.

Référence bibliographique

Références bibliographique

- **Abugoch LE, Romero N, Tapia CA, Silva J, Rivera M (2008)** Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. *J Agric Food Chem* 56(12): 4745–4750
- **Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F., & Jacobsen, S.-E. (2012).** Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant and Soil*, 357(12), 117-129
- **Ahamed, N. T., Singhal, R., Kulkarni, P., Kale, D., & Pal, M. (1996).** Studies on *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus paniculatas* starch as biodegradable fillers in LDPE films. *Carbohydrate Polymers*, 31(3), 157-160.
- **Ahrens , M. J. and D.L .Ingram.1988.** Heat tolérance of, citrus leaves *HortsScience* 23 :747-748
- **Ammari.2011.** contribution de l, étude de germination des graines des plantes. Sahariennes broutées parle dromadaire, p : 46.
- **Anzala F.J.2006.**contrôle de la vitesse de germination chez la mais (*zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides amines issus de l'aspartate et recherche de QTLs, thèse de doctorat : université d'Angers ; 148p.
- **Aya A et al 2011.**bases génétique et biochimiques de la capacité germinatives des graines ; implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire.
- **Belkhoudja .M 1996 :** Action de la salinité sur le comportement physiologique , métabolique chez la fève (*viaia faba*) thèse de doctorat Es science Naturelles , univ oran , 255P
- **Bensaadi N 2011.** Effet du stress salin sur l'activité des α -amylases et la remobilisation des réserves des graines d'haricot (*Phaseolusvulgaris* L.)en germination. Mémoire de magistère université d'Oran.
- **Benzahra et snoussi, 2018 .**Impact de potentiel hydrogène d'une eau salin non conventionnelle sur la nutrition minérale du haricote *phase olus vulgaris*. Cultivé en hors-sol. *Revue Agrobiologia* 8(1) :786-791.
- **Bhargava Shukla Rajan ohri 2006.** Genetic. Diversity.for morphological and quality traits in quinoa (*chenopodium quinoa willd*) germplasm. National botanical research Institute .lucknow.India 54 :167-173.
- **Biodiversity I international et FAO : 2013.**quinoa et ses espèce sauvages apparentées Bolivie N°583pp :3-38.
- **Bouassaba et chougui .2018.** Effet du stress salin sur comportement biochimique et anatomique chez deux variété de piment (*capsicum Annum*) à mila (Algérie).*European. Scientific jornal*.14 :159-174.

- **Boumia O. 2011.** Interaction floridone et salinité sur la germination des graines du Gombo (*Abelmoschus esculentus* L.)Mémoire de magister. Université d'Oran.
- **Bray E et Ziegler p.1989.** Biosynthesis and degradation of strach in higher plants. AnnualReview of plante physiologie. And plant mol. Bio., 40 :95-117p.
- **Brock, T.D. (1978)** the habitats thermophilic microorganisms and life athigh temperatures(pp12-38) :springer.
- **Burvieza , HP, H-W Kayro et al ; 2012 :** High salinity induce dehydium accumulation in *Chenopodium quinoa* willd CV. Mualhaus embryas . Plant and soil 354(1-2) : 69-79
- **Cercam 2014 :** Fiche synthèse de quinoa culture à forte potentiel d'adaptation et de production par le Maroc.Maroc.p :03.
- **Chaux et Foury .1994.**Maitrise des facteurs de production, qualité et traitement des semences .mise en culture par semis en place in production légumière, tec et doc .Lavoisier pp277-431-445.
- **Chennafi et al 2006.**yield response of wheat(*triticum durum* desf) cultivair waha .to deficit irrigation under semi arid growth condition –A sian .journal plant. Science,5 :854-860.
- **Da cunha velso ; 2016.**Impact de l'essor international du quinoa .haute Ecole de gestion de Genève (HEG-GE) suisse .p2-3.
- **DE OLIVIERA , F. A., de compos, T.G.S & OLIVIERA M.J .(1998)-effect of substrate on germination , vigro and growth of herbaceou cotton . Engenharia Agricola 18 :1-10.**
- **Djedei et Merabet.2019.**Etude comparative des quatre varités de quinoa (*chenopodium quinoa* willd) cultivées dans la région d'oued Righ djamaa.mémoire de master université Echaid Hamma Lakhdar-Eloued, p : 27.
- **FAO 1994.** Culture marginalisées 1492 une autre perspective production végétale et protection des plante n° :26, p : 141-145.
- **FAO 2011.** Quinoa : An ancient crop to contribute to world food security. Latin America and the caribbeau, p.3-14.
- **FAO and Gik.AD. 2015.** Stade of the AVT Report Quinoa in the World in 2013.France et chille p.50.
- **Feliachi K, Amroune R et khaldoune.2001.** Impact de la sècheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie : céréaliculture N035.ED .ITGC.Algérie.
- **FISCHER, Christiane, 2013.** Lutte contre la spéculation. Ex aequo [en ligne]. Mars 2013. N°41 [Consulté le 20.02.2016]. Disponible à l'adresse : http://www.mdm.ch/sites/default/files/exaequo/ex_aequo_41.pdf.
- **GALLARDO, K.C , JOB S.P.C, GROOT , M, PUYPE , H DEMOL VENDKERCKHOVE, J & JOB, D(2001) -Proteomic analysis of arabidobsis seed germination priming . plant physiol ,126 :835-848 .**
- **Galwey, N.W. 1993.** B n ;khj of quinoa as a multipurpose crop for agricultural diversification: a review. Industrial Crops and Products 1: 101-106.
- **Gate P et Giban M.2003.**stades du blé .Ed. Paris, ITCF.68P.

- **Gómez-Caravaca AM, Segura-Carretero A, Fern A, Caboni MF (2011)** Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) by a liquid chromatography-diode array detection-electrospray ionization-time-of-flight mass spectrometry methodology. *J Agric Food Chem* 59:10815–10825.
- **Gordillo, Bastidas .et al. 2016 :** Quinoa (*Chenopodium Quinoa willd*) from nutritional value to potential health benefits : An Integrative review. *J Nutr food sci* 6(3)2. 2155-9600.
- **Gruterman. 1993 in Karoune : 2016 :** Etude Ecophysiologie de deux espèce d'acacia : *Acacia albida* et *acacia raddiana*. thèse de doctorat, université des frères mentouri. Constantine. 187p.
- **Hassanl A. Dellal A. Belkhouja .M . Kaid-hearch .M . (2008)** Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*) *European journal of scientific Research*, Vol. 23 , No .1 ;61-69.
- **Heller R, Esnault R et lance C. 2004.** physiologie végétale II développement. Ed, Dunod, Paris, France 64-240p.
- **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.
- **Hopkins. G , 2003.** physiologie végétale : De Boeck supérieur.
- **Ingram Jet Bartlq D .1996.** the molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annual Review of plant physiologie. And plant mol. Biologie*, 47 :377-403p.
- **Jacobsen, S. (1995).** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A novel crop for European agriculture.
- **JAOUADI W HAMROUNI. L SOUAYEH. N & LARBI KHOUDJA. M (2010)-** Etude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotichnol. Agron . soc Environ* 14 :643- 652
- **Kara et Zergune .2006 :** Dosage des anthocyanes et de la glycine bêtaïne en conditions de stress hydrique et étude des mécanismes de tolérance chez dix variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) Mémoire université des frères mentouri .Constantine :P :1-9-19-28-29-34.
- **Khemiri H, Belguth H ; Jridi ; T Ben El Arbi .M Ben Hamida ;**
- **J(2004)** caractérisation biochimique d'une analyse active au cours du processus germinatif des graines de colza (*Brassica naps*) *Enzymologie et métabolisme* pp : 146-149. Congrès International de Biochimie Marrakech.
- **Kotowsk ; F. 1926 :** Temperature , relations to germination of vegetable seed *American society of Horticulure science pna endings* 23,176-184.
- **KSHETRIMAYUM . EPARASAD –SAHO . D MITRA. G & KUMAR-PANDA (2017).** : regulation of seed germination and the role aquaporine under abiotic stress . *Intern. J. Envir. Agricult .Biotichnol*, 2 :607-615.
- **LACHHAB, L. LOUAHLIA. s. LAMARITI , M. & HAMMANI K. (2013) :** Effect of salt stress on germination and enzyme activity in vitro genotypes of *Medicago sativa* *Intern .j. Innov. A ppl. Stud* , 3 :511-516.

- **Levitt.1980 in bencaddour.2014.**Modification physiologique chez cales plante de blé (Triticum durum Desf exposé à un stress salin : thèse de doctorat 3éme cycle université badji Mokhtar Annaba .
- **Lim, T. (2013).** Chenopodium quinoa. Edible medicinal and non-medicinal plants, Springer: 115-131
- **Lin .2016 :** parcelle d'essai de quinoa dans la chaudière .Appalaches .Québec .p : 1-7.
- **Maradini et al .2015.**Quinoa : nutritional, functional and antinutritional aspects .capus university Brazil .p : 6-34.
- **Marlet,S.,B .Vincent ,et al.(2005).** Gestion de l'eau et de la salinité et redistribution des sels dans les périmètres irrigués.
- **Mihoub Achaoui et Elfarjanie .2005 ;** changement, biochimique induit par lcadmium et la cuivre au cours de la germination des graines de petits pois (pisumsativuml) WWW .Science direct com/science.
- **Moore R P (185) .** Tetrazoium testing manual Zurich Zwitzerland Internationnal seed testing assosiation , 99p.
- **Mujica A., 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, EEZAILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. p. 23-27.
- **Mujica, Á., Izquierdo, J., Marathee, J. P., & Capítulo, I. (2001).** Origen y descripción de la quinua. Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Editores. Mujica, A., Jacobsen, SE, Izquierdo, J., Marathee, JP). FAO, UNA, Puno, CIP. Santiago de Chile, 9-29.
- **Munns et al.2016.** Approaches to in creasing the salt tolerance of wheat and other cereals, JEXP, Bot, 27 :1025-1043
- **. Muñoz, L., Monteros, C., & Montesdeoca, P. (1990).** A cocinar con quinua. EE. Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. Publ. Miscl, 55, 7-120
- **Oukaroun.2007 .**Vitalité des plantes d'orge (Aodeum vulgare) en condition de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne thèse de doctorat decrénevè.
- **Pukacka wojkiewicz .2003 :** The effect temperature of drying on viability and sone factors affecting storability of fagus sylvatica seeds .Acta physiologiae plantarum ,25 : 163 -169.
- **Tremblin, G.2000.** Comportement auto-écologique de halopeplis amlexicaulis : plante pionnière des sebkhass de l'ouest algérien. Science et changements plantaire/ sécheresse, 11 (2) ,233-264.
- **Rejili et al .2006 in karroune .2016 .**Etude écophysologie de deux espèces d'acacia :Acacia albida et Acacia raddi ana .thèse de doctorat , université des frères mentouric .Constantine .187 P.
- **RENADR. J. L, and Ouillec , G .1975 :** L'Helminthosporiose du cocotier Etudes préliminaires , Oléagineux 30(5) : 2009-2013.

- **Rhoades, J(1997)**. Sustainability of irrigation : An overview of salinity problems and control strategies.US Salinity Laboratory, Riverside, California.
- **Rodriguez .Call.2006** : modélisation de la culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) En vue de choix des variété adaptées à chaque région l’Altipiano Bolivienne .Mémoire de Master université des science de Technique du languedoc .p :1.
- **REOLON F. MARINI.P.DE MAGALS.J DE MORARS .D.M.&DE AMARANTE L .** (2013) :Salicylic acide maizeseedlings subjected to salt stress .J .Seed Sci, 35 :457-465.
- **Schlick G, Bubenheim DL (1996)** Quinoa- candidate crop for NASA’s controlled ecological life support systems. Progress in new crops (J. Janick, ed.) USA, Arlington (VA). p. 632-640
- **Tapia ; 1999** Zonification agroecologica ailtivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Im : primer taller international sobre quinoa recursos geneticos sistimas di produccion.Regional office for Latin America and the Caribbean , food and Agriculture Organization of the United Nation , Santiago , chile , Lima Peru.
- **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.
- **Vallade J, 2002**.structure et développement de la plante : morphogenèse et biologie de la production des Angiospermes .Ed dounad, paris 224p.
- **Valencia chamorro 2004** : Quinoa Ecole polytechnique National Quito .Equateur .p :1-7.
- **Velasco R Salaminif et Bartlets D.1994**. Dehydration and ABA increasemRNAlevels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the réurrection plant. Plant mol .biol, 26 :541-546p.
- **Villele F.A . Doni Filho .L. et suqueria E.L. (1999)**Tabela de potencial osmotico em funcao da concentracao de polietilenoglycol 6000 e da temperatura pesquisa agropecuria, 26(11/12), 1957-1968.
- **Yan and Hunt .1999** :An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures Annals of Botany ,84,607-614.
- **Yazar et Ince Kaya .2004** .ANew crop for solt affected and dry Agricultural Areas of Turkey : Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) Cukurova university .Adana .Turkey .Vol (2) 1440-1446.