

Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie
Département des sciences agronomiques



MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Production végétale

Réf. :

Présenté et soutenu par :

TEBRI Mariem

Le :

Effet de déficit hydrique régulé sur la production d'une culture de quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) dans la région de Biskra

Jury :

Mr: BOMAARAF	M.C.B Université de Biskra	Président
Mme. KESSAI A	M.A.A Université de Biskra	Rapporteur
M.me HIOUANI	M.C.B Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019 – 2020

Remerciements

Merci à Allah de m'avoir donné le courage, la volonté ainsi que la conscience pour que je puisse terminer mes études et réaliser ce travail.

Au terme de cette étude, mes reconnaissances respectueuses vont d'abord à madame Kessai Abba, pour avoir accepté de m'encadrer ainsi que pour ses précieux conseils et orientations, sa disponibilité, sa gentillesse, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour mon travail.

J'adresse mes plus vifs remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.

Je tiens à remercier le Directeur et tout le personnel de l'ITDAS (Institut technique du développement de l'agronomie saharienne) Ain ben Naoui de Biskra.

Il m'est agréable d'exprimer ma profonde gratitude et mes plus vifs remerciements envers toute personne qui de loin ou de près a contribué à la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicace

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père (رحمك الله)

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon frère et mes sœurs, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude de production végétale promo 2018

Mariem

Table de matière

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

PREMIERE PARTIE : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

1.1. a Origine et histoire du quinoa	19
1.1. b Aire de répartition.....	19
1.2 Classification du quinoa.....	20
1.2.1 Classification scientifique.....	20
1.2.2 Classification morphologique.....	21
1.3 Description morphologique de la plante.....	21
1.4 Stades de développement du quinoa.....	24
1.5 Description botanique et taxonomie.....	26
1.6 Exigence de la culture.....	27
1.6.1 Les exigences climatiques.....	27
1.6.2 Les exigences agrologiques.....	28
1.7.Le Semis.....	28
1.8. La durée du cycle de développement.....	28
1.9 La Récolte.....	29
1.10 Les rendements.....	29
1.11 Les principaux ennemis de la culture.....	35

1.12 Importance nutritionnelle du Quinoa.....	30
1.13. Importance de la culture du Quinoa.....	32
1.13.1 Dans le monde.....	32
1.13.2 En Algérie.....	33
1.14 Utilisations de Quinoa.....	33
1.14.1 Alimentation humaine.....	33
1.14.2 Industrie alimentaire.....	34
1.14.3 Alimentation animale.....	34
1.14.4Utilisationsmédicinales.....	34
1.14.5 Autres utilisations industrielles.....	34
1.15. Le marché mondial du quinoa.....	34

Deuxième partie étude expérimentale

Chapitre II Généralités sur le déficit hydrique

2. 1. Définition de déficit hydrique.....	37
2. 2. Définition de l'irrigation par le déficit hydrique(DI) ou déficit hydrique régulée (RDI).37	
2. 3.Effet du déficit hydrique.....	38
2. 4. Réponse de la production agricole à l'eau donnée.....	39
2. 5. Les différentes stratégies face au déficit hydrique.....	39
2. 6. Avantages des méthodes d'irrigation déficitaire.....	40
2. 7. Comportement du quinoa au déficit hydrique.....	41
2. 8. Mécanismes d'adaptation de quinoa au déficit hydrique.....	41

Chapitre III Matériels et Méthodes

3.1 Objectif.....	44
-------------------	----

3.2 Site d'expérimentation.....44

3.3 Présentation des zones d'étude.....44

3.3.1. Localisation géographique.....45

3.4 Caractéristiques du sol.....45

3.5 Matériels et technique utilisé.....46

3.6 Paramètres étudiées.....47

3.7 Dispositif expérimentale.....48

3.8 La capacité de rétention.....49

3.9 Identification des stades.....50

Chapitre IV : Résultat et discussion

4. 1.Effet du déficit hydrique sur la hauteur moyenne des plantes (cm).....64

4. 2.L'effet de déficit hydrique sur les caractéristique phénologique " Date et durée de différentes phases de développement de plant.....55

4.3.2 Hauteur finale des plants(annexe).....

4.5.Facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental.....66

4.5.1. Ravageurs (annexe).....

4.5.1. a) Observation des principales espèces des pucerons recensés (annexe)

4.5.1. b) Observation des certaines espèces prédatrices recensées (annexe).....

Conclusion67

Références bibliographique

Annexes

Liste des abréviations

V1	Jiza 2
V2	Q102
%	Pour cent
Cm	Centimètre
CE/d	Conductivité
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
g	Gramme
ITDAS	Institute Technique du Développement de l'Agriculture Saharienne
ITGC	Institute Technique du Grandes Culture
Kg	kilogramme
l	Litre
M	Mètre
Mm	Millimétré
N	Nombre
Ph	Potentiel d'Hydrogène
Qx	Quintaux
tn	Tonnes
N.T	Nombre Totale
Trait	Traitement
WUS	Water Use Efficiency

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification scientifique du quinoa.....	18
Tableau 2 : Les causes des pertes de production de quinoa.....	28
Tableau 3 : La teneur en nutriment du quinoa en comparaison d'autres aliment (pour 100 g de poids sec).....	29
Tableau 4 : Teneur en minéraux du quinoa en comparaison d'autres cultures (mg/100g)....	29
Tableau 5 : Production de quinoa chiffres 2004 et 2010 (tonne).....	32
Tableau 6 : Les prix d'exportation du quinoa 2007-2014 pour les principaux pays producteurs Pérou, Bolivie et Equateur	33
Tableau 7 : résultats des analyses du sol.....	42
Tableau 8 : Certaines caractéristiques des variétés utilisées.....	44
Tableau 9 : résultats des analyses de l'eau d'irrigation.....	44
Tableau 10 : dispositif expérimental de l'essai des deux variétés GIZA2(A) et Q102(B).....	47
Tableau 11 : Test de germination.....	
Tableau 11 : Les stades phénologiques de quinoa (Mujica et Canahua, 1989).....	48
Tableau 12 : La durée du stade de développement en jours.....	49
Tableau 13 : Suivi de l'apparition des stades phénologiques.....	60
Tableau 14 : de la hauteur de la plante en (cm).....	61
Tableau 15 : analyse de variance de l'effet de la variété (annex)	
Tableau 16 : analyse de variance de l'effet du déficit hydrique sur la hauteur (cm) (annex)	

Tableau 15: groupes homogène de l'interaction entre la variété et de l'effet du déficit hydrique sur la hauteur (cm) (**annex**)

Tableau 16 : Durée de la phase semis-levés (**annex**)

Tableau 17 : Durée de la phase levée-deux feuilles vraies (**annex**)

Tableau 18 : Durée de la phase deux feuilles vraies-quatre feuilles vraies (annex)

Liste des figures

Figure 1 : Carte de distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du Sud (www.researchgate.net)	18
Figure 2 : Phases de développement du quinoa	25
Figure 3. A : Grains de <i>Chenopodium quinoa</i> (Tang et Tsao, 2017).....	26
B : Structure la graine de <i>C. quinoa</i> (FAO, 2015).....	26
Figure 4: Principaux pays importateurs du quinoa au monde en 2012 (Fagandini, 2014).....	34
Figure 5 : schéma des types d'irrigation (FI : irrigation complète) (DI : déficit hydrique PRD (irrigation partielle de la zone racinaire) (Sepaskhah et ahmadi 2010)	37
Figure 6: Localisation géographique de la wilaya de Biskra (Google., 2019).....	44
Figure 7: Graines des variétés de quinoa utilisées (ITDAS 2019).....	45
Figure 8 : Test de germination (photo originale 2020).....	51
Figure 9 : Durée de la phase semis –levée.....	53
Figure 10 : Durée de la phase levée – Deux feuilles vraies.....	54
Figure 11 : Durée de la phase deux feuilles – quatre feuilles vraies.....	55
Figure 12 : Durée de la phase quatre feuilles – Six feuilles vraies.....	56
Figure 13 : Durée de la phase six feuilles – Ramification.....	56
Figure 14: Durée de la phase ramification – Début de formation de panicule.....	57
Figure 15: Durée de la phase de formation de panicule-panicule	58
Figure16: Durée de la phase panicule – Début de floraison.....	59
Figure 17 : Durée de la phase floraison – grain laiteux	60

Figure 18: Durée de la phase grain laiteux – grain pâteux.....	61
Figure 19 : la moyenne e la hauteur de la plante	62
Figure 20 : Principales espèces de pucerons recensés	79
Figure 21 : <i>Coccinella septempunctata</i> (Stephens , 1836)	80
Figure 22: <i>Chrysoperlacarnea</i> (Linné, 1758)	80
Figure 23 : (<i>Locusta migratoria</i>)	80

Liste des photos

Photo 1 : Durée de la phase semis – Levée.....	53
Photo 2 : Durée de la phase levée – Deux feuilles vraies.....	53
Photo 3 : Stade de 4 feuilles vraies	54
Photo 4 : Stade de ramification	56
Photo 5 : phase de ramification- début formation de panicule.....	57
Photo 6 : Stade de formation de panicule(Originale ,2020).....	57
Photo 7 : Phase panicule - Début de floraison(Originale ,2020).....	58
Photo 8 : Phase floraison – grain laiteux(Originale ,2020).....	59
Photo 9 : Phase grain laiteux – grain pâteux (Originale ,2020).....	60
Photo 10 : Quelques facteurs abiotiques et biotiques affectant la culture de quinoa dans notre site expérimental (Originale ,2020)	63



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Dans le monde, la productivité et le développement agricole sont confrontés à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques (sécheresse, froid, gel et salinité). Parmi ces contraintes, celle hydrique et saline sont considérées comme les facteurs les plus importants limitant la production notamment au niveau des régions arides et semi arides (**RJEIBI et al., 2015**).

Il est noté que le déficit en eau est l'une des contraintes les plus courantes de l'environnement qui influe sur la croissance et le développement des plantes (**ASLAM et al., 2006**). ce manque d'eau qui peut intervenir à différentes périodes du cycle de la vie de la plante est étroitement liée au stade de développement de la plante (**CHAVES et al., 2002; JALEEL et al., 2008**) et peut affecter le rendement en biomasse et en grains des cultures (**ARAUS et al., 2002; TESTER 2005**).

Le déficit hydrique provoque une altération de la mitose, et déséquilibre nutritionnel, les échanges gazeux, les métabolismes de croissance primaire et secondaire, ainsi provoquant une réduction dans la productivité des cultures. (**AZIZ et al., 2018**).

L'effet du manque d'eau sur la plante dépend d'une série de facteurs tels que principalement l'intensité de la période de sécheresse, sa durée et le climat (température, humidité relative et rayonnement), aussi la phase phénologique durant laquelle elle se produit, le génotype de la plante ou le fait qu'elle ait déjà souffert de sécheresse à un stade précédent, ou enfin les caractéristiques du sol et la tolérance de la plante au déficit hydrique (**MUJICA et al., 2001**). Ces effets peuvent se manifester par une réduction significative de la taille de la plante, de sa surface foliaire, de la biomasse et du rendement (**MUJICA et al., 2000 ; APAZA et al., 2001**).

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) retenu par la FAO comme la plante de l'année 2013, est une plante originaire d'Amérique du sud (**BENES et al., 2001**) très adaptée aux différents stress abiotiques comme la sécheresse (déficit hydrique), le gel (**JACOBSEN et al., 2003 ; MUJICA et al., 2001**). Cette plante halophytique a une capacité potentielle importante de croître sous différentes conditions agro-climatiques dans plusieurs pays du monde (**ADOLF et al., 2013 ; SHABALA et al., 2013**).

La culture de quinoa a un potentiel de croître comme une culture alternative dans les zones soumises à des contraintes abiotique (déficit hydrique), y compris la sécheresse pour l'agriculture (**AZIZ et al., 2018**).

Dans cette optique, notre travail a pour objectif d'étudier effet du déficit hydrique sur quelques paramètres morphologiques (, hauteur des plantes,), quelques paramètres de croissance (nombre de ramification et nombre de panicule) sur deux populations de *Chenopodium quinoa* Willd (GIZA 2 et Q102).

Ce travail est divisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre de notre travail est consacré à une synthèse bibliographique sur

Cette espèce (la culture du quinoa).

- Le deuxième chapitre : une synthèse sur le déficit hydrique.

- Le troisième chapitre de ce mémoire sera consacré à l'expérimentation qui décrit le

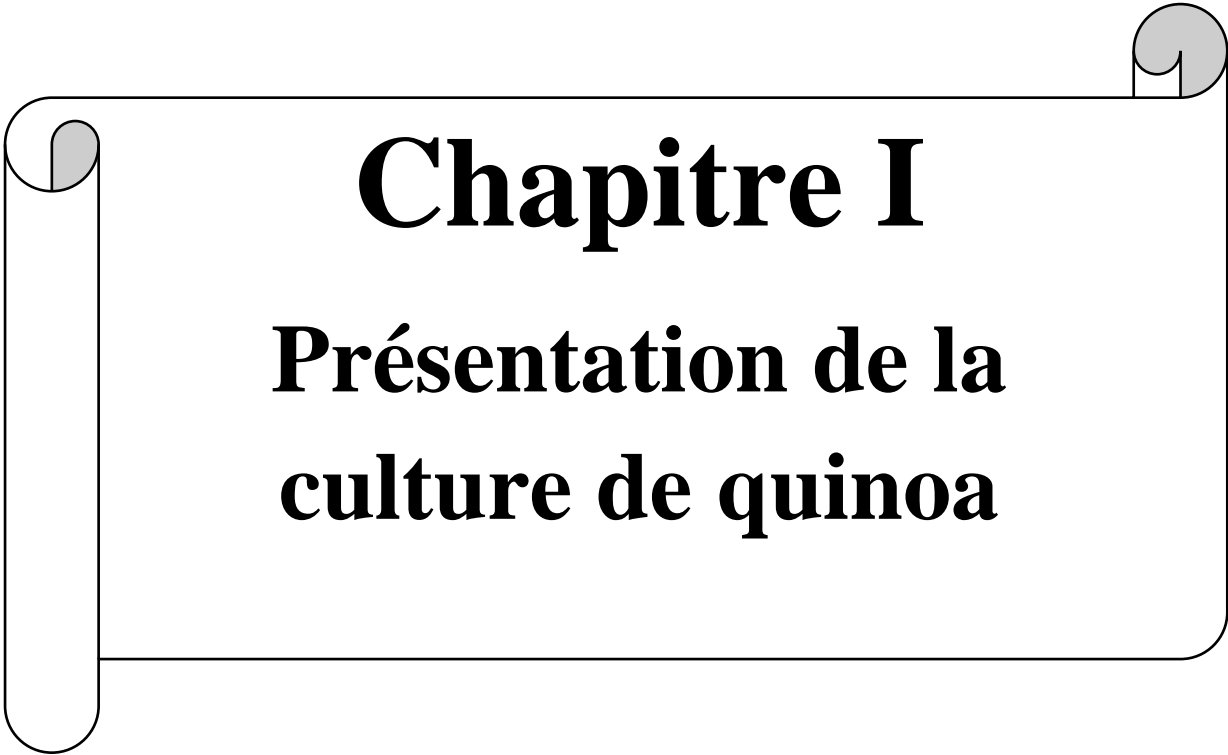
Matériel biologique et l'ensemble des méthodes utilisées dans notre étude,

- Le quatrième chapitre portera sur les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

On termine enfin par une conclusion et des perspectives.

A decorative graphic of a scroll with a black outline and a light gray shadow, containing the main title text.

PREMIERE PARTIE :
Synthèse bibliographique



Chapitre I

Présentation de la culture de quinoa

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

1.1.a Origine et histoire du quinoa

Le quinoa est une espèce native d'Amérique du Sud, originaire de la région andine et plus particulièrement des hauts plateaux (Altiplano) bolivien et péruvien (WILSON, 1990 ; MUJICA *et al.*, 2001). Une plante qui appartient à la famille des Chenopodiaceae, genre *Chenopodium*. Ce genre est le plus grand de la famille des Chenopodiaceae et est distribué dans tout le monde, avec environ 250 espèces (MUJICA S. *et al.*, 2001 in LOVATO GIULIO, 2012). C'est une source importante de nourriture de grain en la région andine depuis 3000 ans avant (TAPIA, 1982 in ATUL BHARGAVA, 2006).

1.1.b Aire de répartition

Le quinoa est une plante originaire des Andes, et plus précisément des alentours du lac Titicaca, entre le Pérou et la Bolivie. Aujourd'hui sa culture est en pleine expansion et on la trouve désormais dans plus de 70 pays (Figure 01). En 2002, 80 000 hectares étaient semés en quinoa, essentiellement dans la région des Andes. La culture du quinoa a franchi les frontières pour atteindre la France, le Royaume-Uni, le suède, le Danemark, les Pays-Bas et l'Italie. Aux Etats-Unis, la plante est cultivée au Colorado et au Nevada, et au Canada, dans les prairies de l'Ontario (FAO, 2013).



Figure 1 : Carte de distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

Amérique du Sud (www.researchgate.net)

1.2 Classification du quinoa

1.2.1 Classification scientifique

Le quinoa est une pseudo-céréale, de la famille des Chenopodiaceae (Jyoti et Chanu, 2018). Depuis 2009, une nouvelle classification dite phylogénétique (APG III) range le quinoa dans la famille des Amaranthaceae (Giusti, 1970 in Herbillon, 2015) (Tableau 1).

Tableau 1. Classification scientifique du quinoa

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

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

Classification APG III (2009)	
Ordre	Caryophyllales
Famille	amaranthaceae
Nom binomial	
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	

1.2.2 Classification morphologique :

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

1.3 Description morphologique de la plante :

- VIDAL APAZA et al., en 2013 a décrit les différentes partie de la plante de quinoa comme suite :

- ❖ **La plante**

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



- ❖ **Les racines**

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

La racine est pivotante, vigoureux, profonde, très ramifié et fibreux, ce que vous donne les propriétés de survie aux conditions défavorables de l'environnement.



❖ La tige

Elle est cylindrique dans la Couronne de la plante et anguleuse de la ramification de coloration variable du vert au rouge, a souvent des stries et aussi aisselles pigmenté de couleur, vert ou violet.



❖ Les feuilles

Les feuilles sont variées dans le quinoa, coloration alternes, simple, variée de Vert au rouge. Ils peuvent également être consommés comme légume par sa haute valeur nutritive (JAEL CALLA., 2012)



❖ Inflorescence

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa



La panicule est typique, composé d'un axe central et de ramifications secondaires, tertiaires et pédicelles tenant aux glomérules. L'axe principal est plus développé que le côté, cela peut être laxiste (Amarantiforme) ou compact (glomerulada), il existe des formes intermédiaires entre les deux.

❖ Fleurs

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



❖ Fruit

C'est un akène, il a une forme cylindrique - lenticulaire, un peu élargie vers le centre. Est constitué par le périgone qui encapsule la graine complètement et contient une seule graine, de coloration Variable, qui se détache facilement à la maturité.



❖ Graines

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

La graine est entourée d'un épisperme à coloration diverses. Il existe trois formes de graines : conique, cylindrique et ellipsoïdale. L'embryon est constitué de deux cotylédons et d'une radicule, localisé en périphérie de la graine et enveloppe le péricarpe comme un anneau.



1.4 Stades de développement du quinoa

Plusieurs échelles de développement ont été décrites pour le Quinoa, telles que celle de **Espindola (1994)** en neuf phases, ou celle de **Mujica et Canahua (1989)** en 12 phases. C'est cette dernière que nous avons choisi de présenter ici. Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade. Les différents stades phénologiques du quinoa sont présentés dans la **figure N°02**

1. Stade levée : Elle correspond à la sortie de la plantule et au déploiement des feuilles cotylédonaires (germination épiquée). Elle se produit entre sept et dix jours après le semis, en conditions de germination optimales

2. Stade 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.

3. Stade quatre feuilles : La deuxième paire de feuilles vraies se déploie 25 à 30 jours après le semis. 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.

4. Six feuilles : 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. 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).

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

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.

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. Parallèlement, la première paire de feuilles vraies jaunit et n'est plus photosynthétiquement active. La tige s'allonge et son diamètre augmente.

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.

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.

9. Floraison : L'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence se produit aux environs du 90^{ème} ou 100^{ème} jour. Cette observation doit se faire à la mi-journée, les fleurs se refermant pendant la nuit. C'est durant cette phase que la plante est la plus sensible aux gelées.

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.

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

12. Maturité physiologique : Le grain, plus résistant à la pression, est à maturité au bout de 160 à 180 jours, avec une teneur en eau inférieure à 15%. Pendant le remplissage des grains depuis la floraison, la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité (Lebonvallet, 2008).

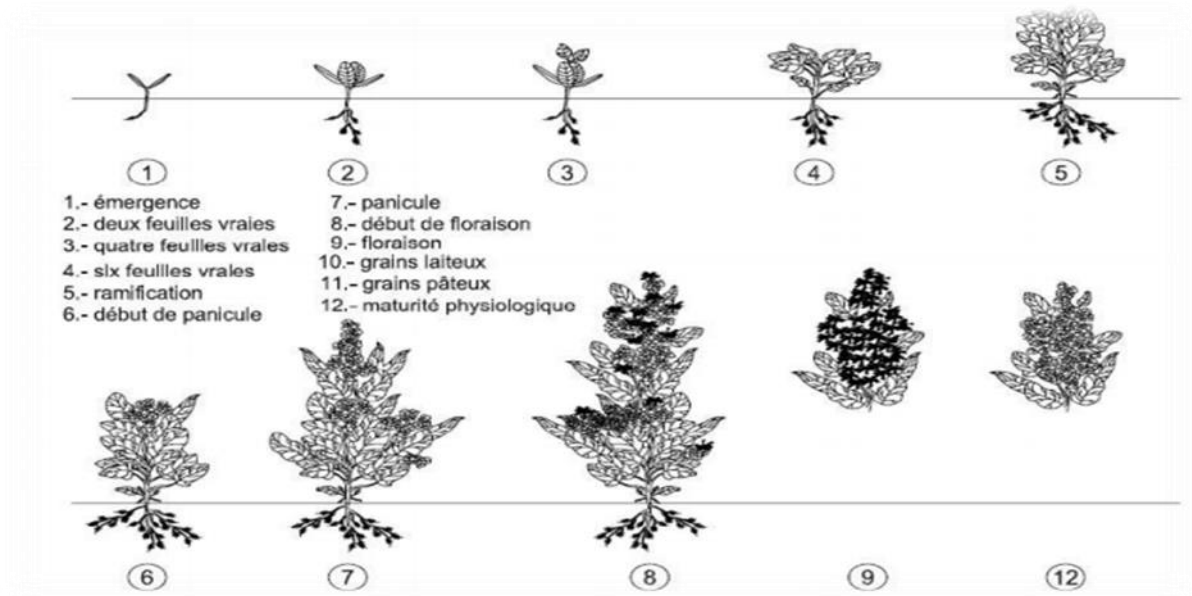


Figure 2 : Phases de développement du quinoa

1.5 Description botanique et taxonomie :

Chenopodium quinoa Willd. (abrégé *C. quinoa*), est une dicotylédone angiosperme halophyte, c'est-à-dire qu'ils ont la particularité de s'adapter aux milieux salés par divers mécanismes (Herbillon, 2015 in Giusti, 1970). de la famille des *Chenopodiaceae* est une plante herbacée annuelle de 1–2 m de haut, avec une inflorescence brillante. Le système racinaire est développé et hautement ramifié (Bhargava *et al.*, 2006). Herbacée, autogame, annuelle. Dans des conditions optimales de température et d'humidité, les grains germent en une dizaine d'heures environ, et les cotylédons apparaissent généralement vers le 7^e jour après l'émergence (Del Castillo *et al.*, 2008).

Le style à deux ou trois stigmates plumeux. Les graines plates dont la (**figure 3**) montre leur structure (environ 2,5 mm de long et 1,0 mm de diamètre) sont jaunes, rouges, brunes et noires, tandis que les téguments ont une couleur brune (Kuljanabhadgavad et Wink, 2009).

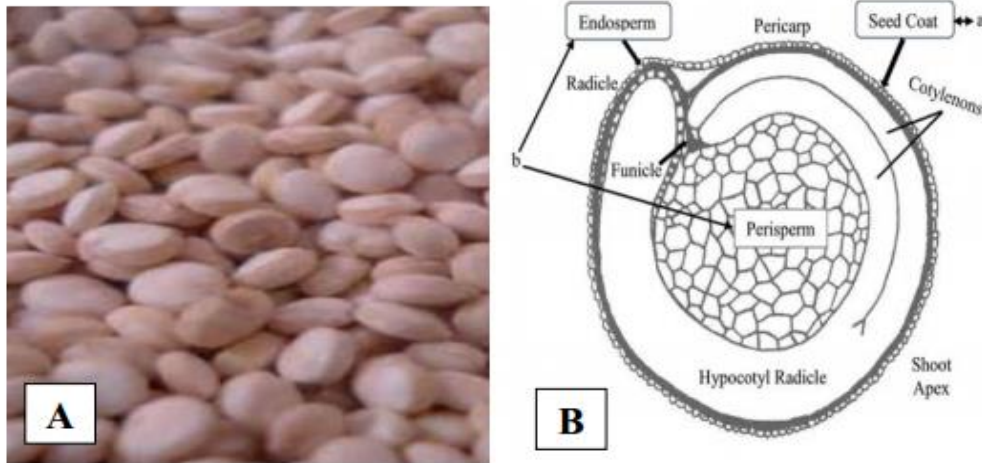


Figure 3. A : Grains de *Chenopodium quinoa* (Tang et Tsao, 2017).

B : Structure la graine de *C. quinoa* (FAO, 2015).

1.6 Exigence de la culture :

1 Les exigences climatiques

Les végétaux comme les animaux ont des exigences spécifiques qui définissent leurs aires géographiques de répartition (PREVOT, 1990 in Hadj Hammou, 2000).

▪ La température

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

▪ L'eau

Selon Zaki (2015) le quinoa a besoin d'un tiers de ce qu'exige le blé en eau. Parmi ses caractéristiques le quinoa ne demande pas des grandes quantités d'eau puisque c'est une plante s'adapte à la sécheresse (ITDAS, 2017).

D'après Chiara et al (2013) la plante de quinoa à un mécanisme physiologique qui lui permet de tolérer et résister à la sécheresse.

▪ L'éclairement

Il existe des variétés de jours courts, jours longues ou insensibles pour le photopériodisme Chiara et al (2013).

2 Les exigences agrologiques

Selon Chiara et al (2013) le quinoa est une plante de différents climats; désertique; chaud et sec, froid et sec, tempéré à haut tau d'humidité: il existe des variétés qui s'adapte au chaque climat.

- **Le sol**

Les sols préférés pour la culture du quinoa sont les sols légers bien drainés riche en matière organique, mais la plante peut se développer dans des sols pauvres et salins avec un ph comprise entre 4.8 et 8.5 (Yazar2014). Selon Moore (2017), le quinoa préfère les sols sableux (Moore, 2017).

- **Les élément fertilisants**

Selon ITDAS (2014) les éléments fertilisants sont apportés comme suite:

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

-Au stade deux feuilles vraies

-Au stade ramification

-Au stade grain laiteux.

-Phosphore (TSP) 10 kg pour 500 m2 soit 02 q/ha

-Potassium (sulfate de potassium) 05 kg pour 500 m2 soit 01 q/ha.

1.7.Le Semis

Selon Lebonvallet (2008) le semis du quinoa s'effectue manuellement ou mécaniquement par un semoir muni d'un soc. Les graines sont semi en poquet ou en sillons avec une dose de semis de 8 à15 kg/ha et profondeur de 02cm, et 1.5 cm

1.8. La durée du cycle de développement

Selon A Vega-Gálvez et al (2010) le cycle de culture peut prendre 08 mois (240 jours) sur les hauts Andine, mais il peut prendre 04 mois (120 jours) dans les zones arides de Chili. Il existe des variétés précoces (100 à 120 jours), semi-précoces (150 à 160 jours) et tardives (180 à 200 jours) Kabalane et Beridi (2016) 15 Plante annuelle à cycle court de 90 à 120 jours de

croissance. Il faut compter entre 160 et 180 jours entre l'ensemencement et la récolte (ITGC 2014).

1.9 La Récolte

La récolte du quinoa s'effectue manuellement ou mécanique par la moissonneuse du blé avec quelques réglages (Kabalane et Beridi, 2015). Par arrachage ou coupage selon l'état du sol (Lebonvallet, 2008). La récolte pré-séchage il faut sécher jusqu'à 12 % d'humidité

1.10 Les rendements

Le rendement de quinoa grains est variable selon les variétés et les conditions climatiques et agrologiques de 4 à 20 q/ha (Lebonvallet, 2008). Entre 5 et 20 q/ha). Le rendement varie entre 18 et 45 q/ha dans des essais menus au Liban (Kabalane et Beridi, 2016).

1.11 Les principaux ennemis de la culture

Par ennemis des cultures, il faut entendre tout être vivant (animal, végétal ou virus) susceptible de nuire aux cultures soit directement soit indirectement (Fournier et Bonderf, 1983 in Hammou, 2000). Selon Jacobsen (2003), Fazon (2016), Jan et al (2016) et Ruiz (2014) le mildiou est la maladie fongique la plus importante qui attaque le quinoa causé par *Peronospora farinosa*, l'excès d'humidité favorise l'installation de la maladie. L'utilisation de bouillie bordelaise est un moyen de lutte (Jan et al, 2016).

Altises, pucerons et moineaux sont les principaux ravageurs du quinoa causés des dégâts importants surtout pour le semis tardif (Fazan, 2016) et (Jan, 2016). Le papillon de nuit (*Eurysacca melanocampta*. Meyrik) et *Ticona* complexe à son état larvaire sont nuisibles à la plante de quinoa (FAO, 2011 et Ruiz, 2014). L'utilisation des bio-pesticides et les ennemis naturels sont des moyens de lutte (FAO, 2011).

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

Tableau2: Les causes des pertes de production de quinoa.

Causes	Nature de perte
1-directes	
Récolte tardive	Attaques de moineaux ou autres animaux (perte de quantité et qualité).
Récolte au moment des pluies	Germination des grains.
Séchage insuffisant	Développement des moules, apparition des insectes et changement de couleur et l'odeur (perte de qualité).
Battage inadéquate	Cassure de grains, favoriser l'apparition des insectes (perte de quantité et qualité).
Stockage dans lieux pauvres (manque d'aération, excès d'humidité...)	Favorise un siège pour multiples acteurs nuisibles; les insectes, rongeurs ou autres animaux nuisibles (perte de qualité et quantité)
Décorticage insuffisant	Qualité
Mauvais (transport et emballage)	Perte de production
2- indirectes L'insuffisance	Capitale-Itinéraire technique-Mécanisation Pesticides-Emballage-Transport-Organisation

1.12 Importance nutritionnelle du Quinoa :

Les feuilles de quinoa sont mangées comme des épinards et les graines très abondantes et petites, comme chez le riz, sont consommées de différentes manières. La quinoa a un potentiel nutritif important (Ayala et al., 2004) , (Tableau 2)

- **La teneur en nutriment**

Tableau3 : La teneur en nutriment du quinoa en comparaison d'autres aliment (pour 100

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

g de poids sec)

Aliments Eléments	Quinoa	Maïs	Riz	Blé
Energie (Kcal/100g)	399	408	372	392
Protéines (g/100g)	16.5	10.2	7.6	14.3
Lipides (g/100g)	6.3	4.7	2.2	2.3
Glucides totaux (g/100g)	69	81.1	80.4	78.4
Fer (mg/100g)	13.2	2.1	0.7	3.8
Zinc (mg/100g)	4.4	2.9	0.6	4.7

Source (Koziol ,1992 in Chiara et al 2013)

▪ Les minéraux

Tableau4: Teneur en minéraux du quinoa en comparaison d'autres cultures (mg/100g).

Cultures Minéraux	Quinoa	Blé	Orge	Riz
Calcium	60	25	29	7
Phosphore	410	332	221	210
Fer	9	4	3	3
Sodium	21	2	9	3.5
Potassium	9267	5783	5028	1183
Cuivre	51	3	3	2

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

Magnésium	2496	1694	1391	735
------------------	------	------	------	-----

Source: Jancurova et al (2009).

Cependant, son principal intérêt nutritif réside dans sa composition équilibrée et complète en aminoacides essentiels (la lysine fait généralement défaut dans les céréales), comparable à celle du lait et supérieure à celle du blé et d'autres céréales.

En outre, elle offre un contenu en minéraux très supérieur à celui des céréales classiques, en particulier en phosphore, magnésium, potassium et fer. Enfin, des études récentes indiquent que le quinoa est une excellente source de vitamines, d'antioxydants et d'acides gras.

Il n'est donc pas surprenant que la FAO ait choisi le quinoa comme une des cultures destinées à garantir la sécurité alimentaire, particulièrement pour les habitants des Andes qui l'ont historiquement cultivé, et qu'aux USA, en Europe occidentale et au Japon, le quinoa soit commercialisée comme un aliment à haute valeur nutritive (Ayala et al., 2004).

1.13. Importance de la culture du Quinoa :

1. Dans le monde :

Le quinoa s'est donc largement répandu ces dernières années en Europe, en Australie et en Europe du Nord pour sa grande valeur nutritive. Les graines qui le constituent sont très riches en protéines en comparaison au riz et au blé, en fibre, magnésium, en fer, en calcium et en phosphore. Il est aussi garanti sans gluten, ce qui explique sa grande popularité récente, car les régimes sans gluten ont le vent en poupe ces temps-ci ! Il existe différentes variétés de Quinoa dont les couleurs varient de l'or pâle à violet intense. Les variétés les plus populaires sont de blanches, rouges et noires (site web 1).

La production de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Pourrait contribuer à la sécurité alimentaire et pourrait augmenter la production alimentaire dans la région méditerranéenne et dans d'autres parties du monde en développement (**Jacobsen, 1998 ; Jacobsen et al., 2012**). Le quinoa a été sélectionné comme l'une des cultures pour assurer la sécurité alimentaire au 21^{ème} siècle (**Faostat, 2010**). L'année 2013 a été déclarée "Année internationale du quinoa" (IYQ), reconnaissant les peuples autochtones andins, qui ont entretenu, contrôlé, protégé et préservé le quinoa en tant que nourriture pour les générations présentes et futures (**FAO, 2012**).

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

Le quinoa est une culture de semences andine bien adaptée aux sols pauvres et aux conditions climatiques défavorables (Geerts et al., 2006; Garcia et al., 2003 ; González et al.,2009 ; Bois et al., 2006 ; Jacobsen et al., 2003). Il a la capacité de tolérer des niveaux élevés de gel (Jacobsen et al., 2007 ; Bonifacio, 2005), la sécheresse (Vacher, 1998; Jacobsen et al., 2009;Geerts et al., 2009; Jacobsen et al., 2003) et la salinité (Razzaghi et al., 2012 ; Adolf et al., 2012 ;Hariadi et al., 2011 ; Jacobsen et al., 2003; Koyro et al., 2008;) La valeur nutritionnelle élevée et la teneur en protéines sont l'une des caractéristiques importantes de cette culture (Ruales et Nair,1993a, b; Repo-Carrasco et al., 2003).

2. En Algérie :

D'après FOA (2016), l'introduction de la culture du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives de développement.

Selon des scientifiques, l'intérêt de cette plante réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrême (sécheresse, pauvreté des sols, salinité) soulignant son efficacité dans la lutte contre la désertification d'autant plus que le quinoa se développe dans un milieu aride où il pourrait même donner des rendement acceptable , et Alegria était le premier cultivar recommandé pour le sol du cerrado brésilien (Spehar,2003).

Selon ITDAS (2017), l'introduire en 2014 en Algérie, elle est cultivée à titre expérimental dans huit site de quatre institutions ayant différentes caractéristiques agro-écologique. TDAS, (Biskra et El-oued), INRAA, (Adrar et Ghilizane), ITGC, (Sétif, Tiaret et Guelma) et INRF (Alger).

1.14 Utilisations de Quinoa :

La culture de quinoa connaît depuis une quinzaine d'année un grand succès commercial. Selon JACOBSEN *et al.*, (2012), le quinoa est une production qui peut contribuer à la sécurité alimentaire surtout dans les régions méditerranéennes.

Cette plante plusieurs utilisations :

- **Alimentation humaine :**

On peut consommer les graines, les feuilles tendres jusqu'au début de la panicule (teneur en protéines peut atteindre 33% de la matière sèche).

Chapitre I : Présentation de la culture de 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.

▪ Utilisations médicinales :

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.

▪ Autres utilisations industrielles :

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

1.15. Le marché mondial du quinoa

✓ 1-Les pays producteurs du quinoa.

Les principaux pays producteurs sont: La Bolivie, Le Pérou et L'Equateur. Aux Etats-Unis d'Amérique, en France, en Angleterre, en Suède, au Danemark, en Hollande et en Italie, ainsi qu'au Maroc, en Egypte, au Kenya et dans le nord de l'Inde, des exploitants ont aussi commencé à cultiver cette plante, et ce avec de plus en plus de succès.(Abha, 2015)

Tableau 5: Production de quinoa chiffres 2004 et 2010 (tonne).

Pays \ Année	2004		2010	
	Production	%	production	%
Pérou	27040	52	41079	58
Bolivie	24688	47	29500	41

Chapitre I : Présentation de la culture de quinoa

Equateur	641	1	840	1
Total	52396	100	71419	100

Source (wikipedia)

✓ Les principaux pays consommateurs du quinoa au monde

Les premiers consommateurs sont les Etats-Unis d'Amérique et l'Europe qui représentent également les principaux marchés d'exportation (Nicolova, 2013).

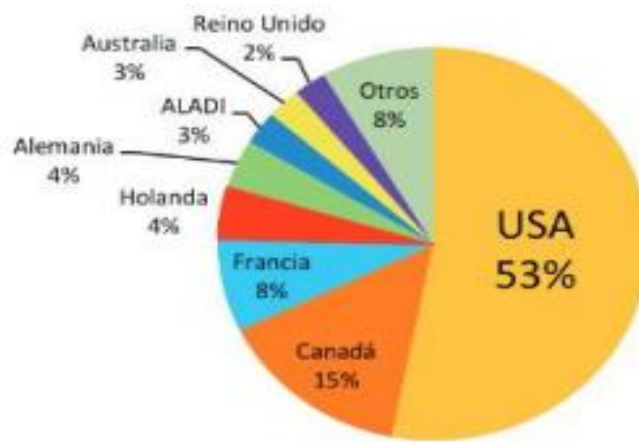


Figure 4: Principaux pays importateurs du quinoa au monde en 2012 (Fagandini, 2014).

Tableau 6: Les prix d'exportation du quinoa 2007-2014 pour les principaux pays producteurs Pérou, Bolivie et Equateur

✓ Les prix

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
US/tonne	1200	2000	3000	3000	3100	3000	4000	6700

Source Diaz (2015)

✓ Les principaux pays exportateurs du quinoa au monde

La Bolivie, Pérou, Equateur et Etats-Unis d'Amérique sont les pays principaux exportent le quinoa



Chapitre II
Généralités sur le
déficit hydrique

Chapitre II : Déficit hydrique

1. Définition de déficit hydrique

Un déficit hydrique est le résultat d'une diminution temporaire de la disponibilité en eau pour les plantes (Chaves & Oliveira 2004).

Sinclair et Ludlow (1986) décrivent trois phases se déroulant au cours de la diminution de l'eau disponible. Au cours d'une première phase, la transpiration et photosynthèse se maintiennent comme pour les plantes irriguées à la capacité au champ jusqu'à ce que la teneur en eau soit réduite au point où l'absorption de l'eau ne permet plus de satisfaire l'évapotranspiration. Puis, à partir de ce seuil, environ 50% de l'eau disponible, la transpiration et la photosynthèse sont réduites en deçà du niveau potentiel.

Donc les plantes entrent dans la troisième phase lorsque les stomates sont complètement fermés. Les plantes sont en état de survie pour une période variable en fonction de leur degré de tolérance, de la vitesse de la diminution de l'eau disponible.

Au cours de la deuxième phase, les réponses physiologiques de la plante sont variables et sont fonction de facteurs de l'environnement et de la plante elle-même (Blum 1996). Ainsi, le signal du "déficit hydrique" est perçu par les plantes en fonction de leur capacité à y faire face.

2. Définition de l'irrigation par le déficit hydrique (DI) ou déficit hydrique régulée (RDI) :

L'irrigation déficitaire, des cultures, est une pratique courante dans de nombreuses régions du monde comme l'Inde et la république d'Afrique du Sud ont implicitement approuvé le concept de l'irrigation déficitaire en recommandant que la planification de l'irrigation soit basée sur un approvisionnement fiable en eau (Chitale, 1987).

L'irrigation par le déficit hydrique (DI) ou (RDI) est une méthode de gestion de l'eau dans laquelle l'eau sera économisée acceptant peu de réduction de rendement sans aucun dommage grave à la plante (anglais 1990) acceptant peu de réduction de rendement sans aucun dommage grave à la plante (English, 1990). Un déficit moyen peut être un retard de quelques jours dans l'irrigation ou une réduction de la quantité d'eau en chaque irrigation, à condition que la plante ne doive pas subir de stress de sécheresse sévère.

La principale attitude dans les méthodes d'irrigation par le déficit hydrique régulée consiste à utiliser l'eau économisée pour l'irrigation des terres agricoles

Il existe deux types d'irrigation par déficit hydrique : l'irrigation déficitaire (DI) et irrigation partielle de la zone racinaire (PRD) : est une forme modifiée d'irrigation déficitaire (DI) (qui consiste à irriguer une seule partie de la zone racinaire à chaque événement d'irrigation (English et al., 1990)

Ce sont les méthodes d'irrigation économes en eau qui réduisent les quantités d'irrigation généralement accompagnées d'une perte de rendement nulle ou mineure mais en augmentant la productivité de l'eau (figure)

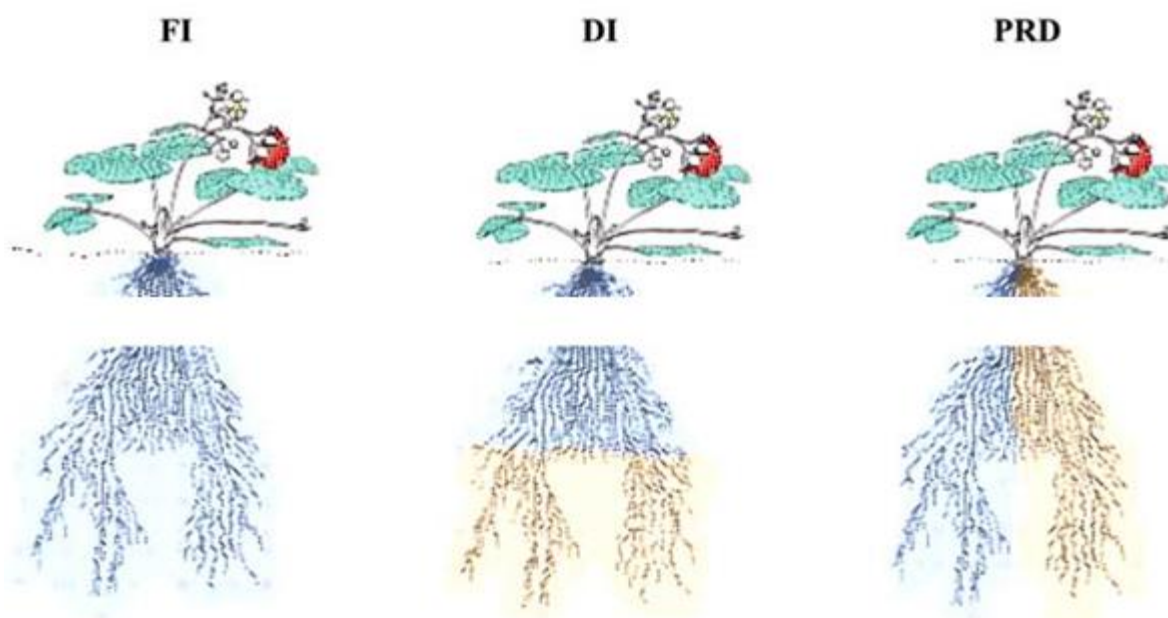


Figure 5 :schéma des types d'irrigation (FI : irrigation complète) (DI : déficit hydrique PRD (irrigation partielle de la zone racinaire) (Sepaskhah et ahmadi 2010)

3.Effet du déficit hydrique

- **Sur la croissance végétative :** Le développement végétatif d'une plante cultivée soumise à des conditions de déficit hydrique est fortement perturbé (CHAVES et al., 2002 ; LEBON et al., 2006). Suite à une diminution importante de la hauteur, de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (LEBON et al., 2006 ; ATTIA, 2007).

- **La Photosynthèse :** Les modifications physiologiques liées au stress hydrique, sont principalement la régulation stomatique qui influe sur la photosynthèse et la respiration, aussi la baisse du potentiel hydrique de la plante traduisant par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique. Le un stress hydrique, permet la fermeture des stomates et un par un ralentissement de la photosynthèse avec la transpiration (TEULAT et al., 1997).
- **La nutrition minérale :** Le déficit hydrique induit un manque de nutrition azotée qui provient principalement des réductions de flux d'azote au niveau des racines et de la réduction des échanges entre les parties aériennes et racinaires du fait de la chute de la transpiration (DUGO, 2002)

4. Réponse de la production agricole à l'eau donnée

En général, le rendement augmente fortement par unité d'eau donnée dans la courbe de production. Après une forte pente du rendement, il y a une assez augmentation jusqu'à ce qu'il atteigne le rendement maximum et après ce rendement sera constant avec plus d'eau donnée.

L'irrigation déficitaire dépend de :

1. Type de culture
2. Possibilités d'expansion des terres agricoles
3. Consommation d'énergie par unité de surface pour la préparation des terres agricoles
4. Coûts des semis, des opérations de culture et de la récolte (maintien de l'humidité du sol à un niveau relativement bas).

5. Les différentes stratégies face au déficit hydrique

▪ L'évitement

Stratégie conservatrice, suppose à la fois de minimiser les pertes en eau et d'optimiser l'absorption de l'eau (Tardieu 2003). Les pertes en eau sont minimisées par la fermeture des stomates et/ ou la réduction de la surface foliaire transpirante par l'arrêt de la croissance ou le jaunissement de feuilles. Cette stratégie signifie que les plantes peuvent partiellement compenser les plus faibles gains en carbone dus à une photosynthèse ralentie en investissant

moins dans le développement de nouveaux organes foliaires (**Chaves et al.2003**). L'absorption de l'eau est optimisée par une plus grande allocation vers le développement du système racinaire (**Jackson et al. 2000**). Il y a une contradiction entre l'accumulation de biomasse et l'évitement par la transpiration. L'amélioration variétale peut optimiser les termes de cette contradiction, en augmentant par exemple l'efficacité d'utilisation de l'eau ou en augmentant le maintien de la croissance racinaire ou foliaire en condition de déficit hydrique (**Tardieu & Tuberosa 2010**).

▪ Tolérance

Cette stratégie consiste à maintenir les fonctions physiologiques les plus importantes de la plante dans les conditions de déficit hydrique comme : la croissance, la transpiration et la photosynthèse, malgré le déficit hydrique (**Passioura 1996 ;Tardieu 2003, 2005 ;Amigues et al. 2006**).

Le maintien de la croissance foliaire et les organes reproducteurs peut permettre la translocation des réserves vers les organes reproducteurs suite la capacité photosynthétique maintenue. Cette réponse de la plante permet l'obtention d'un rendement mais peut également favoriser le risque de la perte totale de rendement. Cette stratégie est favorable en conditions de déficit hydrique modéré (**Amigues et al. 2006**). La tolérance au déficit hydrique peut donc être considérée comme la capacité d'un génotype à produire un rendement acceptable en conditions de déficit hydrique (**Tardieu & Tuberosa 2010**).

6. Avantages des méthodes d'irrigation déficitaire(**Stikić R et all.2010**)

- Contrôle de la croissance végétative et de la densité du couvert (réduire la taille de la vigne)
- Amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation et économiser de l'eau pour l'irrigation
- Augmentation de l'efficacité de l'utilisation des nutriments (en particulier N)
- Amélioration de la qualité des fruits ou du rendement (pomme de terre, raisin, tomate, poivron, pomme, poivron, pomme, maïs)
- Les régimes de l'azote et de l'eau ont eu des effets significatifs sur la biomasse totale et le rendement en grains;
- Amélioration du rendement des cultures (céréales);

- Réduction de 30% de l'utilisation de l'eau dans l'irrigation des céréales;
- Augmentation du revenu des agriculteurs et renforcement de la sécurité alimentaire;
- Le système d'irrigation déficitaire pourrait être étendu à plus grande échelle dans différentes zones arides et reproduit dans d'autres régions avec des conditions similaires.

7. Comportement du quinoa au déficit hydrique

Afin d'échapper aux périodes de sécheresse, la plante recourt à un allongement du cycle pendant les premiers stades de croissance (MUJICA et al., 2001 ; JACOBSEN et al., 2003) alors qu'elle suit d'autres stratégies pour tolérer le stress, principalement grâce à l'élasticité de ses tissus, à son potentiel osmotique faible et au maintien de sa turgescence.

Cette plante se caractérise par un système racinaire très étalé en surface et qui peut être profond dans le sol. Pour maintenir la turgescence en cas du manque d'eau, le quinoa recourt à la réduction de sa surface foliaire par chute des feuilles, la formation de glandes vésiculaires spéciales et de petites cellules ayant une paroi épaisse.

8. Mécanismes d'adaptation de quinoa au déficit hydrique

Le déficit hydrique 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 évaporatoire. La tolérance de quinoa au déficit est la capacité de la plante à croître et à donner des rendements satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques.

Dans les zones arides, le quinoa a développé des mécanismes de régulation assurant leur survie, en général aux dépens de la productivité. Mais les stratégies d'adaptations mises en œuvre par la plante pour se protéger d'un déficit hydrique dépendent de l'intensité du déficit auquel elle est soumise. Elles seront différentes pour une plante qui subit un déficit sévère mettant en cause sa survie, que pour une plante cultivée qui, choisie en fonction du risque climatique local, ne sera soumise qu'à un déficit hydrique plus modéré. La principale réaction de la plante soumise à un manque d'eau est de réduire de manière active sa transpiration, par la fermeture de ses stomates dès que le déficit hydrique apparaît et par une réduction de sa surface foliaire : réduction de la vitesse de croissance des feuilles ou de leur nombre, sénescence accélérée des feuilles. (SON DIAKALIA, 2010).

Chapitre II Généralités sur le déficit hydrique

La première stratégie d'adaptation de quinoa à la sécheresse consiste à « éviter » tout déficit hydrique et la deuxième la capacité à le tolérer (SON DIAKALIA, 2010).

La tolérance est la stratégie qui permet à la quinoa d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (PASSIOUR, 2006). Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne (SON DIAKALIA, 2010).



Chapitre III
Matériels et
Méthodes

3.1 Objectif :

L'objectif de cet étude vise à étudier et évaluer le comportement d'une de deux variétés de culture de quinoa en condition de déficit hydrique régulé

L'effet du déficit hydrique sur la culture vise à évaluer les caractères phénologiques de la culture : Date et la durée en jours et durée du cycle et sur quelques paramètres de croissance: Hauteur de la plante et nombre de ramification par plante

3.2 Site d'expérimentation :

Notre expérimentation a été réalisée au cours de l'année 2019-2020 au niveau de département des sciences agronomiques d'université Mohamed Khider –Biskra ,dont les coordonnées géographiques sont :

- Altitude : 87
- Latitude : 348301
- Longitude : 57616

Cette expérience est réalisée dans une demi serre de dimension (7.30 m * 6.10 m * 2.20 m)

3.3 Présentation des zones d'étude :

3.3.1. Localisation géographique :

❖ Biskra:

La wilaya de Biskra commune sous le nom « porte du Sahara » est située au piment sud de l'atlas saharien sur une latitude de 34.8 et une Longitude de 5.73 avec une Altitude de 87 m (**TuTiempo, 2010**). Sa limite septentrionale est constituée par une barrière naturelle haute et rigide qui entrave l'extension des influences du climat méditerranéen ; ce qui donne à la région un caractère aride vers saharien au sud . La wilaya s'étend sur 21671.20 km² (**D.P.A.T, 2005**) La wilaya de Biskra est située au sud-est Algérien à environ 470km au sud –est d'Alger, elle s'étend sur une superficie de 21509.80 km² et compte actuellement 12daïras et 33 communes. La wilaya de Biskra est limitée :

- Au nord par la wilaya de BATNA
- Au nord-est par la wilaya de KHENCHELA

- Au nord-ouest par la wilaya de M'SILA
- Au sud-est par la wilaya de DJELFA
- Au sud par EL OUED



Figure 6: Localisation géographique de la wilaya de Biskra (Google., 2019).

3.3 Caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation :

Les tableaux (7.8) représentent les caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation du site.

Tableau 7: résultats des analyses du sol

Paramètre	Résultat enregistré
pH	7.27
CE	1.75ml /cm
Matière organique	1.70%

Calcaire totale	5.95%
-----------------	-------

Tableau8: résultats des analyses de l'eau d'irrigation

Paramètre	Résultat enregistré	Interprétation
pH (1/2.5)	7.16	Neutre
CE (1/5)	5.10 ds/m	Très salé

I. Matériel végétal :

- Le matériel végétal retenu pour notre essai est composé de deux de quinoa (figure N°0). Les semences(**Q 102 ,Jiza 2**) ont été récupérer auprès L'ITDAS de Ain Ben Naoui de Biskra. Certaines caractéristiques du matériel végétal utilisé matériel sont présentées dans le(tableau N 07)

Q102



Jiza 2



Figure 7: Graines des variétés de quinoa utilisées (ITDAS 2019)

Tableau 9 : Certaines caractéristiques des variétés utilisées

Identificateur	Code	Source	Origine	Lignée
V1	Jiza 2	ITDAS	Population	Variété

V2	Q102	ITDAS	Péruvienne	Variété
----	------	-------	------------	---------

3.4 Matériels et technique utilisé :

- Serre en plastique (7.30 m *6.10 m *2.20 m)
 - Pots en plastique
 - Gravier
 - Sol + sable
 - Seau d'arrosage
 - Fumier
-
- T1 = reçoit une dose de 100% de 3 L tout le cycle (sans stress)
 - T2= 50% levée jusqu'à ramification (après je donne 100%(6 feuille)
 - T3= 50% ramification jusqu'à de début de floraison
 - T4=100% floraison jusqu'à maturation

Fertilisation minérale :

Le NPK (20 20 20) est apporté a la dose 1.5g par pot au stade panicule en 19 /07/2020

II. Méthodologie de travail

- **Préparation des pots et semi** : Nous avons utilisé pour notre essai, des pots en plastique de 22.5cm de diamètre et de 25cm de hauteur qui sont tapissés par une couche de gravier de 2cm **Figure 08**, remplis ensuite par une quantité de 5800g de mélange du sable et de terreau (2V sable et 1 V de terreau) **photo 09**. Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat et calculer la quantité d'eau nécessaire à rapporter des arrosages



Photo 09 : remplis de mélange du sable et terreau **photo 08 :** Pots tapissés par couche de gravier+mélange

Dispositif expérimentale :

Le dispositif expérimentation adopté au cours de notre essai est un bloc aléatoire.

Chaque bloc est constitué de 04 traitements, chaque traitement est répété 04 fois pour les deux populations. Nous avons 32 pots pour l'ensemble de l'essai (**photo 10**)



A

B

Photo . 10 : dispositif expérimental de l'essai des deux variétés GIZA2(A) et Q102(B).

(originale, 2020)

- **Mise en culture :** Les graines préparées sont directement semées dans les pots l 14/11/2019 à raison de 3 graines à une profondeur de 1 cm **Figure 10**










Photo 11: semis des gaines(originale, 2020)




Paramètres étudiés

Pour réaliser l'objectif de notre essai nous avons pris en considération les paramètres suivants ; mais en raison de la situation sanitaire due au virus du corona, les paramètres de production n'ont pas pu être atteints.

Tableau 10 : Les stades phénologiques de quinoa (Mujica et Canahua, 1989).

Les stades	Les jours après le semis	Description	Photos
Levée	7 et 10	Sortie de la plantule et au déploiement des feuilles cotylédonaire (germination épigée).	
Deux feuilles vraies	15 à 20	Conjointement à une croissance rapide des racines.	

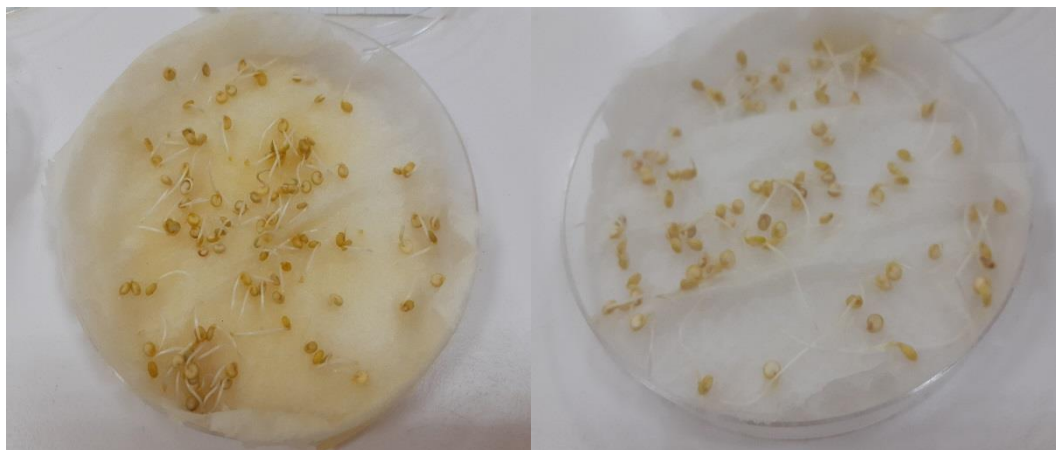
Quatre feuilles Vraies	25 à 30	Les feuilles cotylédonaire sont toujours vertes. La plantule montre une bonne résistance au froid et à la sécheresse	
Six feuilles vraies	35 à 45	L'apparition de la troisième paire de feuilles vraies. les feuilles cotylédonaire commencent à se flétrir	
Ramificat Ion	45 à 50	la présence de bourgeons axillaires. Les feuilles cotylédonaire, jaunies, tombent et laissent une cicatrice sur la tige.	
Début de formation de la panicule	55 à 60	L'inflorescence commence à apparaître à l'apex de la plante. La tige s'allonge et son diamètre augmente	
Panicule	65 à 70	L'inflorescence est désormais clairement visible au-dessus des feuilles	
Début de floraison	75 à 80	Les premières fleurs s'ouvrent. La plante commence à être plus sensible au froid et à la sécheresse.	
Floraison	90 à 100	L'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence. Les feuilles inférieures, flétris, tombent.	

Grain laiteux	100 à 130	Le grain est qualifié de laiteux. Un déficit hydrique entraîner une forte diminution du rendement	
Grain pâteux	130 à 160	L'intérieur des fruits devient d'une consistance pâteuse	
Maturité physiologique	160 à 180	Le grain, plus résistant à la pression la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées	

- La détermination du pourcentage des grains susceptible de germer est réalisée par l'imbibition de 100 grains dans l'eau en condition normale ,pendant 24 heure

Tableau 11:Test de germination

Variété	Totale	Germées	Taux
Q102	100	100	100%
Jiza 2	100	100	100%



Q102

Jiza 2

Figure 8 : Test de germination (photo originale 2020)

Variété	Stade levée	02 feuilles vraies	04 feuilles vraies	06 feuilles vraies	Ramification	Début form pncl	Panicul	Début flora	Flor	Gr. laite	Gr.pâte
JIZA 2	30/11	24/12	08/12	15/12	20/12	09/01	16/01	27/01	30/01	05/02	10/02
Q102	30/11	24/12	15/12	19/12	26/12	13/01	25/01	03/01	/	/	/

Tableau 12 :Suivi de l'apparition des stades phénologique



Résultat
Et
Discussion

Chapitre IV : Résultat et discussion

Le suivi de notre travail expérimental relatif au comportement de deux variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) à savoir : variété (V1) (Jiza 2) et la variété (V2) (Q102) cultivées sous des conditions de déficit hydrique régulé sous serre, on rappelle que l'application du déficit hydrique est à 50% par rapport aux besoins de la culture selon les stades de développement, les traitements de déficits hydriques sont les suivants :

- T1 = Traitement (témoin) recevant une dose de 100% des besoins en eau durant tout le cycle végétatif ;
- T2= Traitement recevant 50% des besoins des la levée jusqu'au stade de ramification ;
- T3= Traitement recevant 50% des besoins en eau des le stade de ramification jusqu'a de le stade de floraison ;
- T4= Traitement recevant 50% de la floraison jusqu'à la maturation des plantes ;

1. L'effet de déficit hydrique sur les stades de développements des deux variétés

1.1. Phase semis – Levée

La figure (14) montre que la durée de cette phase varie en fonction de la variété, chez la variété (V1) la levée plus précoce (07 jours), suivie par (V2) (10 jours).

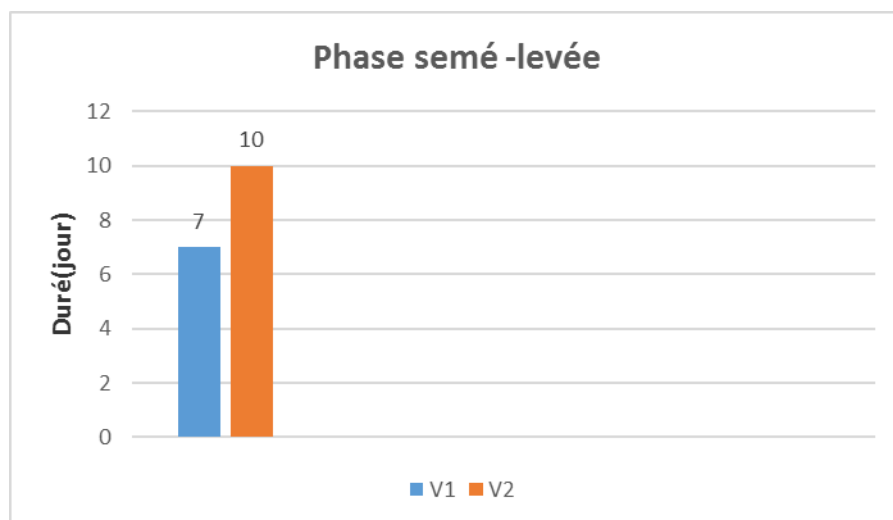


Figure 9 : Durée de la phase semis -levée

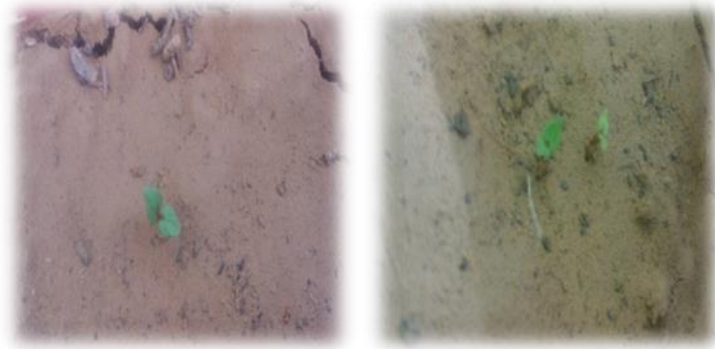


Photo .01 Stade semis – Levée

1.2. Phase levée – Deux feuilles vraies

La figure (15) montre que la variété (V1) atteint le stade deux feuilles vraies en 15 jours, suivi par la variété (V2) (20 jours).

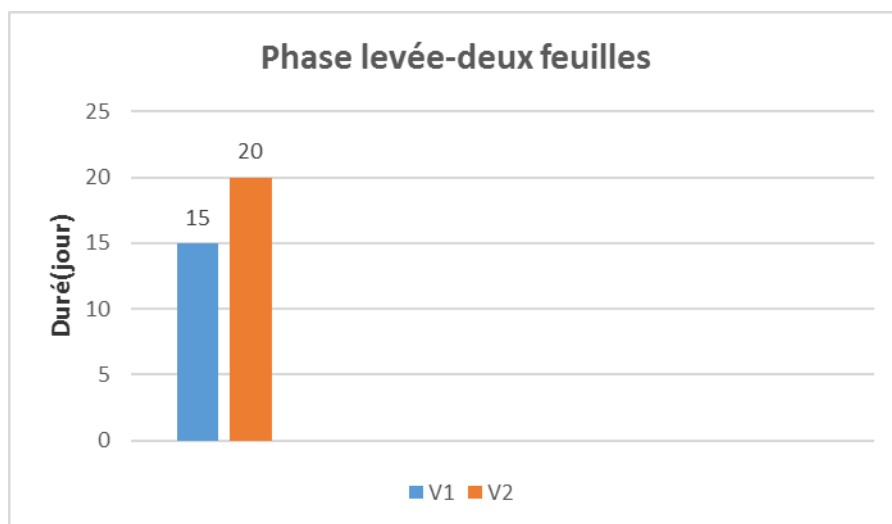


Figure 10 : Durée de la phase levée – Deux feuilles vraies

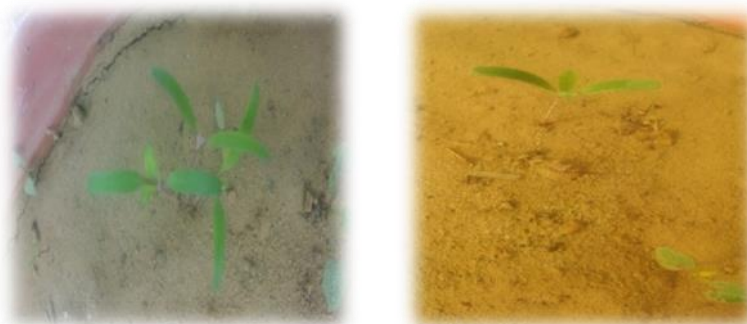


Photo 2 :Stade Levée – Deux feuilles vraies

1.3. Phase deux feuilles – Quatre feuilles vraies

La figure (03) montre que le stade quatre feuilles vraies atteint en premier lieu chez la variété (V1) avec une durée de 2 jours, suivie par la variété (V2) avec une durée de 25 jours

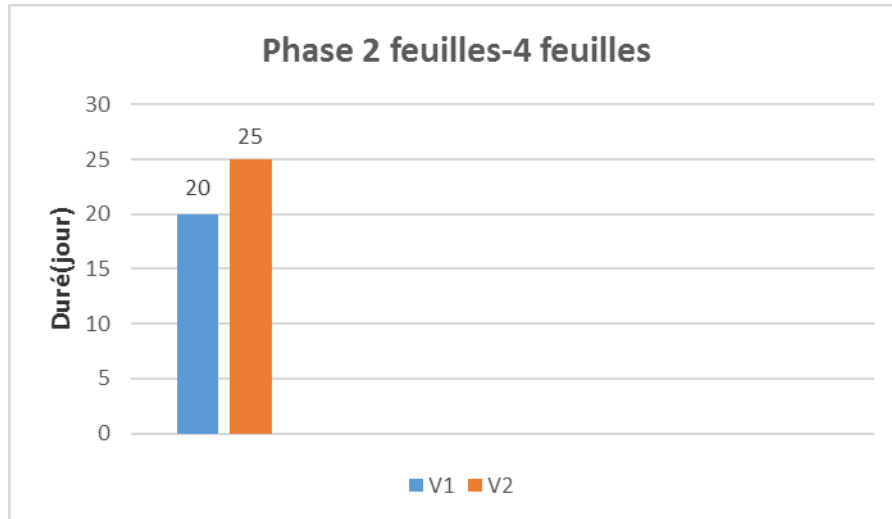


Figure 11 : Durée de la phase deux feuilles – quatre feuilles vraies



Photo 3 : Stade de 4 feuilles vraies

1.4. Phase quatre feuilles – six feuilles vraies

La figure (17) montre que la variété (V1) atteint le stade six feuilles dans (30 jours) suivie par la variété (V2) en (35 jours)

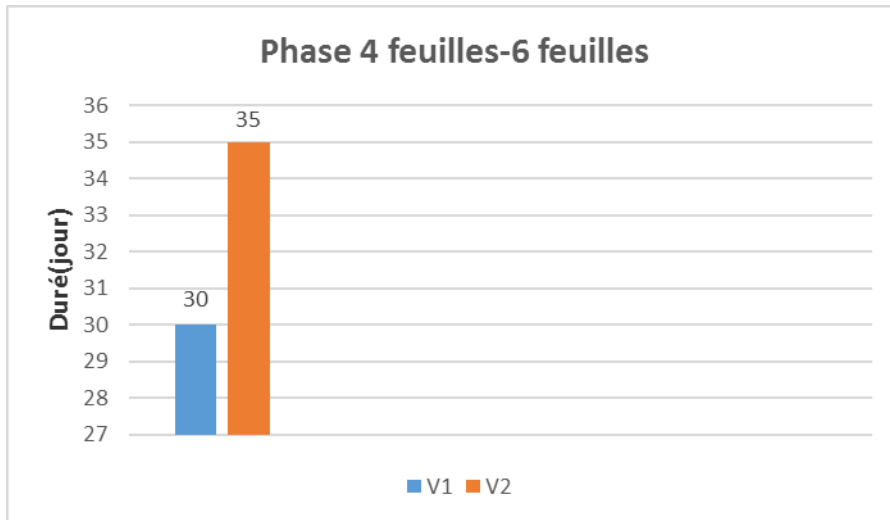


Figure 12 : Durée de la phase quatre feuilles – Six feuilles vraies

1.5. Phase six feuilles vraies – Ramification

L'application de déficit hydrique a été faite a ce stade pour le traitement T2, et T4, la figure (05) montre que dans le traitement (T1, les plants en atteint le stade de ramification est en premier chez la variété V1 avec une durée de 35 jours, suivie par la variété V2 avec une durée de 35 jours

On remarque que le déficit hydrique à 50% a causé un retard dans la croissance de la plante pour la durée de ramifications dans les traitements T2 et T4, d'environ 06 jours entre T1, T2, chez la variété V1 et V2 et T4 pour la V2

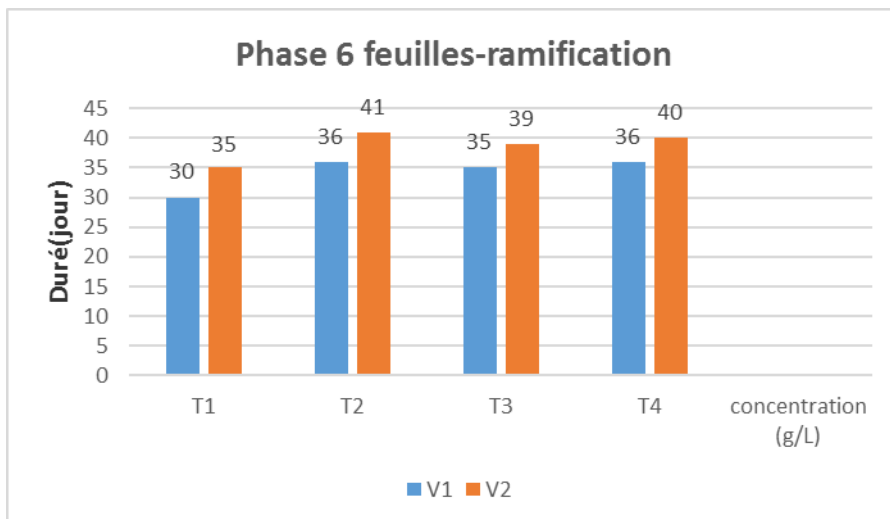


Figure 13 : Durée de la phase six feuilles – Ramification



Photo 4 : Stade de ramification

1.6. Phase ramification – Début de la formation de panicule

La figure(19) montre que dans le stade début de formation de panicule est atteint en premier lieu chez la variété V2 avec une durée de 35jours, suivie par la variété V1 avec une durée de 40 jours, On remarque que le déficit hydrique a 50% a causé un retard dans la durée de formation des panicules de la plante d'environ 05 pour les traitements, T2 , T3 et T4 pour la V2 , alors que la durée n'a pas atteint les 03 jours chez la variété V1

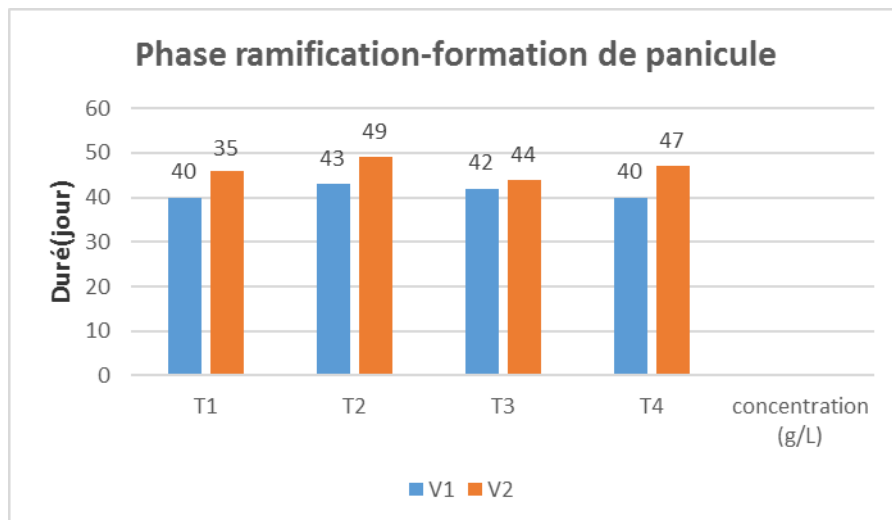


Figure 14: Durée de la phase ramification – Début de formation de panicule



Photo 5 :phase de ramification- début formation de panicule

Phase début de formation de panicule – Panicule

La figure (20) montre que dans le traitement (T1) les plants on atteint le stade de panicule est en une durée de 50 jours chez la variété V1, suivie par la variété V2 avec une durée de 60 jours.

Le déficit hydrique à 50% n'a pas beaucoup influencé sur la durée de dans la formation des panicules d'environ 02 jours pour les traitements T2, T3 et T4 T chez la variété V1 et de durée de 03 jours chez la variétéV2

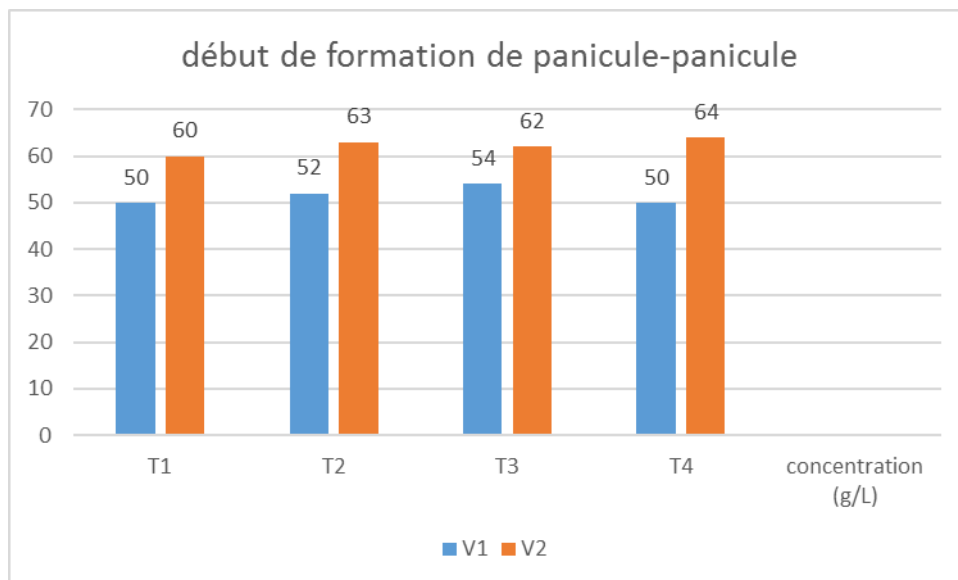


Figure 15: Durée de la phase de formation de panicule-panicule



Photo 6 :Stade de formation de panicule

1.7. Phase Panicule – Début de floraison

La figure (21) montre que dans le stade début de floraison est atteinte en premier lieu dans le traitement T1 chez la variété V1 avec une durée de 60 jours, suivie par la variété V2 avec une durée de 65 jours, On marque que le déficit hydrique à 50% n'a pas beaucoup influencé sur la durée de floraison (02 jours) pour les variétés,

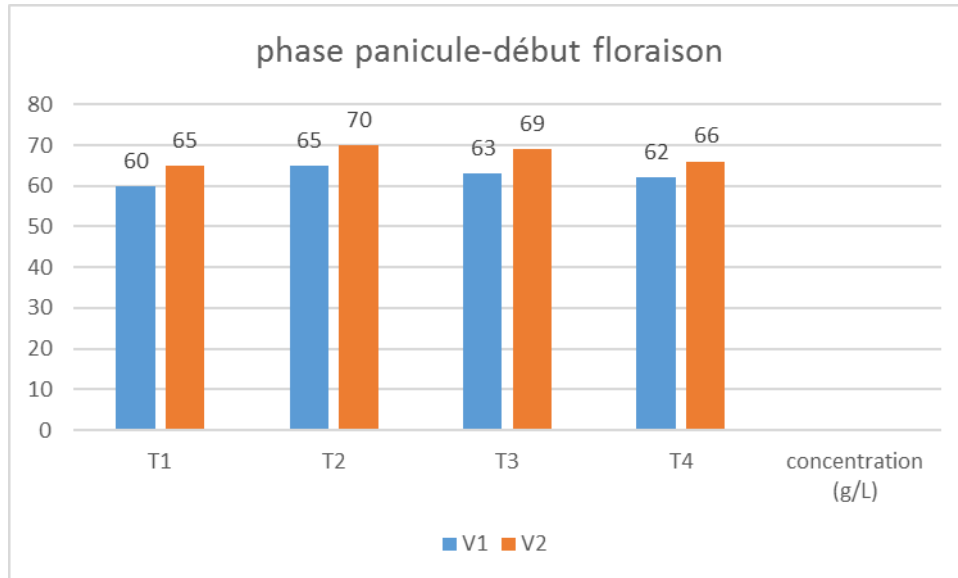


Figure16: Durée de la phase panicule – Début de floraison



Photo 7 :Phase panicule - Début de floraison

1.8. Phase floraison – Grain laiteux

La figure (23) montre que dans le traitement (T1) les plants ont atteint le stade grain laiteux en premier lieu chez la variété V1 avec une durée de 85 jours, suivie par la variété V2 avec une durée de 95 jours, alors que dans le traitement T2, on a enregistré une durée plus longue de 100 jours pour la variété V2 et 90 jours pour la variété V1. On remarque que le déficit

hydrique à 50% dans les traitements en T2, et T3 provoque un retard d'environ 09 jusqu'à 10 jours.

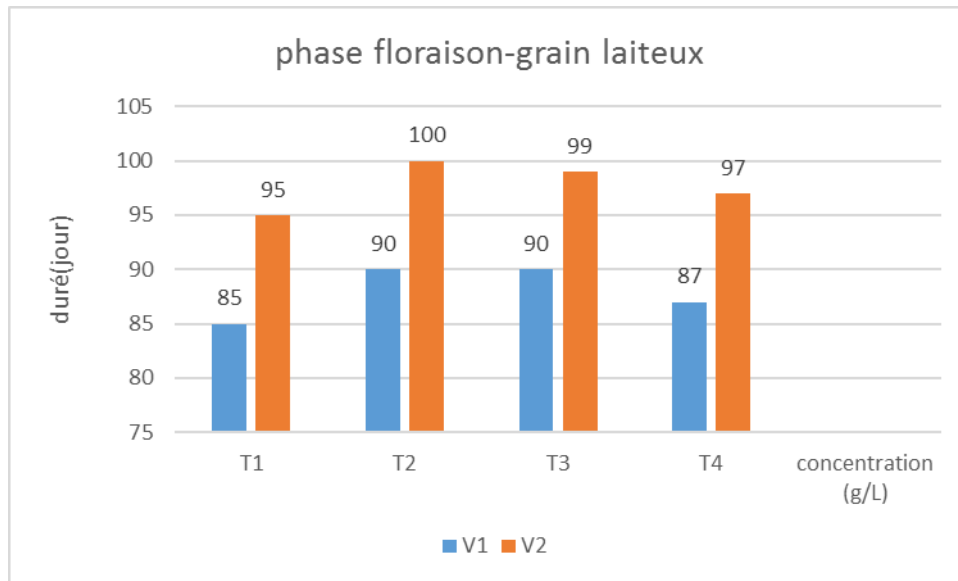


Figure 17 : Durée de la phase floraison – grain laiteux



Photo 8 : Phase floraison – grain laiteux

1.9. Phase grain laiteux – Grain pâteux

La figure (24) montre que dans le traitement (T1), les plants ont atteint le stade de grain pâteux en premier chez la variété V1 avec une durée de 95 jours, suivie par la variété V2 avec une durée de 100 jours, alors que dans le traitement T2, on a enregistré une durée plus longue

Donc le déficit à 50% a causé un retard dans la durée de cette phase (05 jours) dans les traitements déficitaires T2 et T3 pour la variété V2

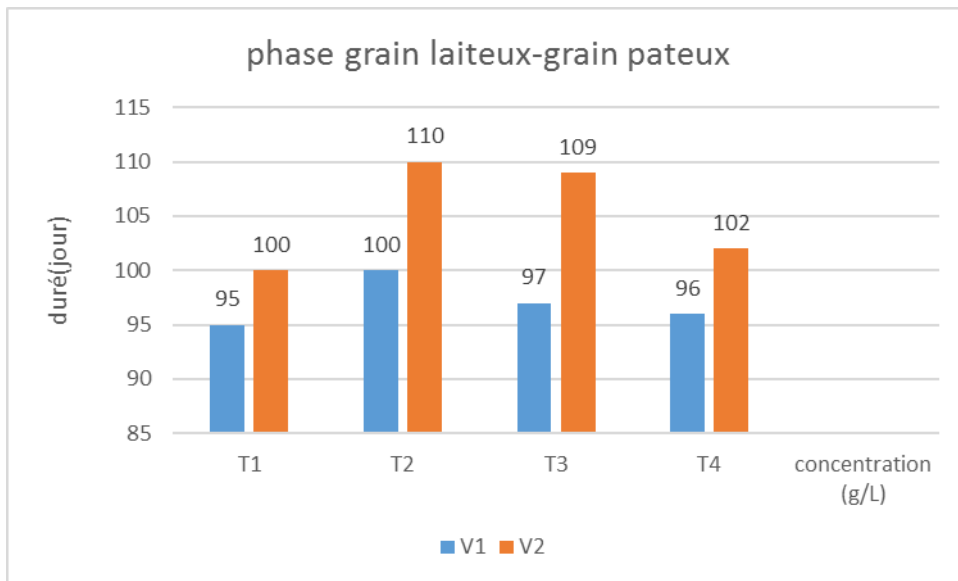


Figure 18: Durée de la phase grain laiteux – grain pâteux



Photo 9 : Phase grain laiteux – grain pâteux

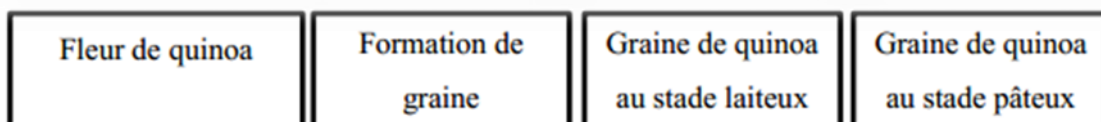
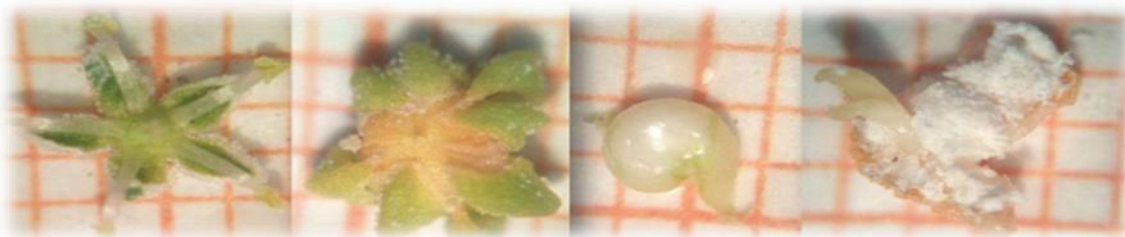


Photo 10 : Différentes étapes de formations des graines de quinoa (sous la loupe)

1. Effet du déficit hydrique sur la hauteur moyenne des plantes (cm)

La figure nous montre la hauteur cumulée des plants selon les traitements d'irrigation déficitaire pour les deux variétés.

On remarque la hauteur la plus élevée a été enregistré dans le traitement T1 : 29cm pour V2 suivi par a variété V1 avec une hauteur moyenne de 27cm, alors que le déficit hydrique a provoqué une diminution de la hauteur pour les deux variétés

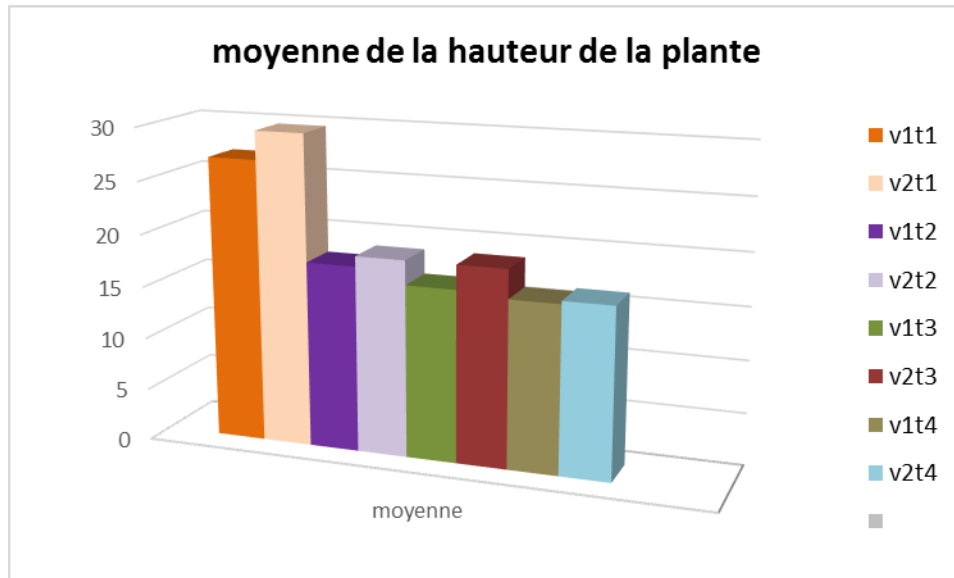


Figure 19 : la moyenne e la hauteur de la plante

L'analyse statistique a montré d'après le tableau (16) une différence significative sur l'effet déficit hydrique à 50% par rapport à la hauteur, on remarque que le traitement (T1 ; 100%) est classée en groupe A présentant la hauteur la plus élevée (28,35cm), alors que les traitements déficitaire T2, T3 et T4 sont classés en deuxième groupe B

Tableau 13 :Analyse de variance de l'effet du déficit hydrique sur la hauteur (cm)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T4	16,136	A
T3	17,299	A
T2	18,365	A

T1	28,354	B
----	--------	---

Mais, sur l'effet variété, on remarque d'après le tableau(13) que l'analyse statistique n'a pas montré de différence significative entre les variétés elles sont classé en même groupe A

Tableau 14 : analyse de variance de l'effet de la variété

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
V1	19353	A
V2	20724	A

L'effet de l'interaction entre la variété et le déficit hydrique nous indique une différence significative, par rapport à la hauteur moyenne, on a enregistré deux groupe homogènes A, B, le premier groupe englobe (V1T 1) et V2T1) présentant les hauteurs les plus élevée alors que le groupe B englobe les groupes de traitement déficitaires T2, T3et T4.

Selon NANA et al., (2010), le déficit hydrique enregistré est lié aux pertes d'eau par transpiration ; et son augmentation chez les plantes stressées serait l'effet combiné de la transpiration et de la restriction de la disponibilité en eau du sol imposé aux plantes.

Tableau 15 : groupes homogène de l'interaction entre la variété et de l'effet du déficit hydrique sur la hauteur (cm)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
V1T4	15,985	A
V2T4	16,288	A
V1T3	16,425	A
V1T2	18,000	A

V2T3	18,173	A	
V2T2	18,730	A	
V1T1	27,000		B
V2T1	29,708		B

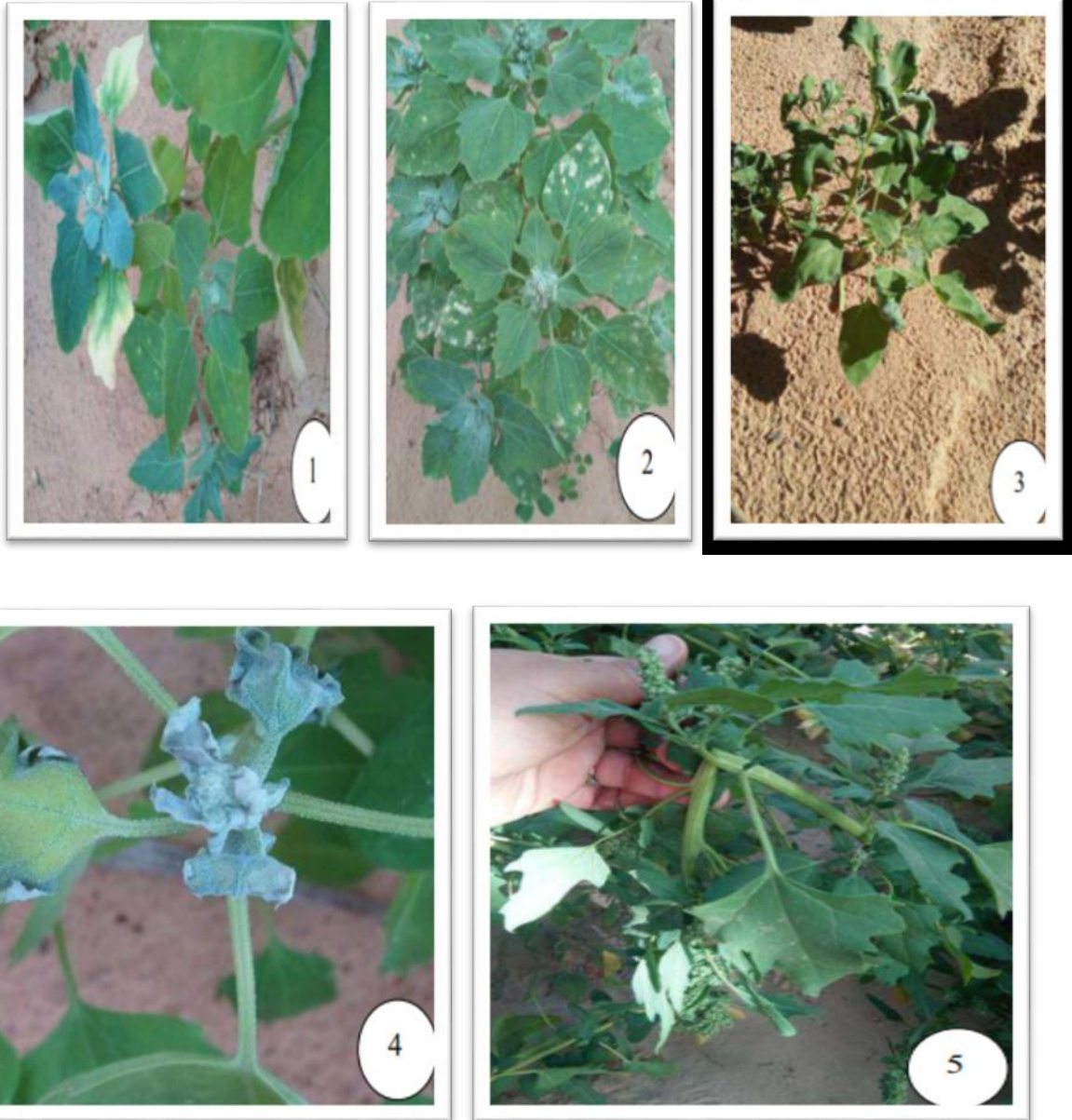


Photo 10: Quelques facteurs abiotiques et biotiques affectant la culture de quinoa dans notre site expérimental

Conclusion

Le travail réalisé dans ce mémoire nous a permis d'avoir certaines données sur l'effet de déficit hydrique sur deux variétés de *Chenopodium quinoa* Willd (GIZA 2 et Q102), sur quelques paramètres de croissance (stades de développements et quelques caractéristiques morphologiques : la hauteur des plants).

Les résultats de l'étude ont montré :

- le déficit hydrique n'induit pas une perturbation bien nette sur la durée des stades de développement, la variété V1 (GIZA 2) a montré une certaine précocité par rapport à la variété V2 (Q102).
- Concernant la variation de la hauteur des plantes au stade panicule pour les deux variétés, les résultats obtenus montrent que la variété est la plus haute (V2) Q102, tandis que la variété (V1) JIZA 2 est la plus basse.
- Il est intéressant de préciser que le déficit hydrique 50% dans les traitements T2, T3, T4 a une montre une certaine diminution des caractères morphologiques par rapport au traitement T1

On conclue que les déficits hydrique appliqués d'eau (T2, T3et T4) n'affectait pas de manière significative la croissance (hauteur des plants), les deux variétés ont atteint la phase grain laiteux contenant des graine, ce qui indique que les deux variétés peuvent nous donnant ainsi rendements acceptables par rapport au traitement sans déficits hydrique (T1).

Enfin, le quinoa se montre comme une plante hautement tolérante au déficit hydrique, les deux variétés (GIZA ; Q102) ont montré une adaptation très bien à ces conditions malgré les variabilités enregistrés.

En perspective, il serait judicieux de reprendre cet essai dans des conditions meilleures et pour un bon choix des variétés adaptées au déficit hydrique, il est nécessaire d'accomplir avec d'autres études.



Références

bibliographiques

Références bibliographiques

ADOLF V., JACOBSEN S.E., SAHBALA S., 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environ. Exp.Bot.*, 43-54.

Anonyme, 2014. Fiche de synthèse: Quinoa; Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc Ed; Groupe Crédit Agricole du Maroc. Rabat Royaume du Maroc. 5p.

Antonio Vega-Gálvez, Margarita. M, Judith, Elsa. U, Luis. P et Enrique. A. M (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), an ancient Andean grain: a review Ed; *J Sci Food Agric. Chili.*

Amigues J-P, Debaeke P, Itier B, Lemaire G, Seguin B, Tardieu F, Thomas A, (éditeurs) 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport: INRA (France), 72p.

ARAUS, J.L., SLAFER, G.A., REYNOLDS, M.P. and ROYO, C. ; 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals : what should we breed for ? *Ann. Bot.*89,(Spec.No.) : 925-940.

ASLAM, M., KHAN, I. A., SALEEM, M. and ALI, Z. ; 2006. Assessment of water stress tolerance in different maize accessions at germination and early growth stage. *Pak. J. Bot.*, 38(5) : 1571 -1579

Ayala, G., L. Ortega y C. Morón. 2004. Valor nutritivo y usos de la quinua. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee (eds). *Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.* FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile, pp 215-253.

AZZOUZ FATIHA, 2009. Les réponses morpho-physiologiques et biochimiques chez l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) soumis à un stress hydrique. Mémoire magister, Univ. Oran .p 22.61.

BENES E., CERESPO F. et MADRIGAL K. 2001. the quinoa cluster. Competitive diagnosis and strategic recommendations. Pp54.

- Ben Haj Salah H, Tardieu F. 1997.** Control of leaf expansion rate of droughted maize plants under fluctuating evaporative demand (a superposition of hydraulic and chemical messages?). *Plant Physiology* 114(3): 893-900.
- Belaid. D, 2017** Algérie: Utiliser le quinoa comme fourrage en sol salé. Ed; Collection brochures agronomiques. Alger. Algérie. 3p.
- Benhabib.O. 2005.** Les cultures alternatives Quinoa, amarante et épeautre. n° 133. Transfert de technologie en agriculture. Royaume du MAROC. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes. P. 4.
- Bhargava A., Shukla S., Ohri D. 2006.** *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. *Industrial crops and products* 23(1) : 73-87
- Blum A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20: 135-148.
- Buckley TN. 2005.** The control of stomata by water balance. *New Phytologist* 168(2): 275-292.
- Bray EA. 1997.** Plant responses to water deficit. *Trends in Plant Science* 2(2): 48-54.
- Cercam, 2014.** Fiche de synthèse de quinoa (Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc), 5 p.
- CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.RODRIQUES,M.L.;RICARDO, C.P.P.; OSORIO, M.L. CARVATHO, I; Faria, T. and PINHEIR,C.; 2002.** How plants cope with water stress in the field
- Chaves Chaves MM, Pereira JS, Maroco J, Rodrigues ML, Ricardo CPP, Osorio ML, Carvalho I, Faria T, Pinheiro C. 2002.** How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89(7): 907-916
- CHIARA. C, CAMILLA. M, BIANCA. M, CINZIA. S, EUGENIO.S, 2013.** Quinoa in the kitchen. Ed; G. Canale et C. Spa, Borgaro Torpinèse (Turin). Italie, 95 P.
- Damour G, Simonneau T, Cochard H, Urban L. 2010.** An overview of models of stomatal conductance at the leaf level. *Plant Cell and Environment* 33(9): 1419-1438.

Davies WJ 2006. Responses of plant growth and functioning to changes in water supply in a changing climate. In: Morison JIL, Morecroft MD eds. Plant growth and climate change, 96-117.

Davies WJ, Zhang J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 42: 55-76.

Del Castillo C, Gregory M., Winkel T., 2008. Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente « bio-équitable ». Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 12(4) : 421-435.

Dodd IC, Egea G, Davies WJ. 2008. Accounting for sap flow from different parts of the root system improves the prediction of xylem ABA concentration in plants grown with heterogeneous soil moisture. Journal Experimental of Botany 59(15): 4083-4093.

Dry PR, Loveys BR. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. Australian Journal of Grape and Wine Research 4: 140-148.

Ernst L, Goodger JQD, Alvarez S, Marsh EL, Berla B, Lockhart E, Jung J, Li P, Bohnert HJ, Schachtman DP. 2010. Sulphate as a xylem-borne chemical signal precedes the expression of ABA biosynthetic genes in maize roots. Journal Experimental of Botany 61(12): 3395-3405.

FAO, 2011. Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. Ed; FAO. Rome. Italy. P13

FAO (2012). International Year of the Quinoa IYQ-2013. Food and Agriculture Organization. <http://www.rlc.fao.org/en/about-fao/iyq-2012/>. Accessed 06/06/2012 2012.

FAO Report 2013. Food Outlook; Biannual Report on Global Food Markets. June 2013. Ed; FAO Rome. Italie. P 61.

FAO. 2015. Catalogue of commercial varieties of quinoa in peru. Instituto Nacional de Innovacion Agraria. ISBN 978-92-5-108765-7. 86p.

FAOSTAT (2010). Agriculture production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Accessed 30/08/2012 at 17h.

- Farquhar GD, Ehleringer JR, Hubick KT. 1989.** Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40: 503-537.
- Fazan. E, 2016.** Quinoa: Quel avenir chez nous ? Ed; Fazan Eric. France. P 18.
- Galwey, N. W., Leakey, C. L. A., Price, K. R., & Fenwick, G. R. 1989.** Chemical Composition and Nutritional Characteristics of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sciences and Nutrition*, 42(4) : 245–261.
- Gandarillas H. 1979.** La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Botánica. In: La Quinoa y la Kañiwa, cultivos andinos. Tapia, M. E., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A. et Mujica, A. (eds). CIID-IICA. Bogota, Colombia. p. 20-44.
- Geerts S., Raes D., Garcia M., Del Castillo C., Buytaert W. (2006).** Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa.
- German. N, 2018** Quinoa Ed; Max Havelaar. Zurich. Suisse. 2 p. *Agricultural and Forest Meteorology* 139(3–4):399-412.
- Herbillon M. 2015.** Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. Thèse de doctorat d'état, université de Rouen U.F.R de médecine et de pharmacie, 127p.
- Hukin D, Cochard H, Dreyer E, Le Thiec D, Bogeat-Triboulot B. 2005.** Cavitation vulnerability in roots and shoots : does *Populus euphratica* Oliv., a poplar from arid areas of central Asia, differ from other poplar species ? *Journal Experimental Botany* 56(418): 2003-2010.
- Hsiao TC. 1973.** Plant responses to water stress. *Annual Review Plant Physiology* 24: 519-570.
- Elisa Marguerit. 2010.** Déterminisme génétique des réponses au déficit hydrique de la transpiration et de la croissance, induites par le porte-greffe, chez la vigne.. Approche intégrée de génétique quantitative et d'écophysiologie. Thèse de doctorat. Université Victor Segalen Bordeaux 2 19p, 22p,
- ITDAS, 2014.** Protocol expérimental Quinoa Adrar. Ed; ITDAS Biskra Algérie, 15P.
- ITDAS, 2017.** La culture du Quinoa en milieu Oasien.. Ed; DFRV, MADRP Alger.

ITDAS .Catalogue, 2017.Catalogue de cinq variétés de quinoa objet d'essai au niveau de l'ITDAS. Ed; ITDAS.

ITGC, 2014.La culture de quinoa.Bulletin des grandes cultures No2 Juin 2014.Ed; ITGC Alger .Algérie P-p 2-4

Jacobsen S.E. and Stolen O., 1993.Quinoa – Morphology, phenology and prospects,,

Jackson RB, Sperry JS, Dawson TE. 2000. Root water uptake and transport: using physiological processes in global predictions.Trends in Plant Science 5(11): 482-488.

Jacobsen. S.E, 2003.The world wide potential for quinoa (Chenopodium quinoa Willd).Ed; EBSCO Publishing. New York. USA. P 6.

Jacobsen S. E., Monteros C., Corcuera L. J., Bravo L. A., Christiansen J. L., Mujica A. (2007).Frost resistance mechanisms in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.).European Journal of Agronomy 26(4):471-475.

Jacobsen S. E., Jensen C. R., Liu F. (2012).Improving crop production in the arid Mediterranean climate. Field Crops.Research 128(0):34-47. for its production as a new crop in Europe.European Journal of Agronomy. 2 :19-29.

JAEL CALLA, 2012.Manejo agronómico del cultivo de la quinua.

Jan. A et Luitaud. C. M, 2016.Etude de faisabilité du développement de filières de cultures végétales, dites « bas intrants » hors agriculture biologique pour la protection de la ressource en eau de captages dégradés. Ed; Belzat Consulting. France. P-p, 112-113.

Kuljanabhagavad T., Wink M. 2009.Biological activities and chemistry of saponins from Chenopodium quinoa Willd.Phytochemistry reviews 8(2) : 473-490.

Lebon E, Pellegrino A, Louarn G, Lecoeur J. 2006.Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (Vitis vinifera) growing in drying soil.Annals of Botany 98:175-185.

Lebonvallet S., 2008.Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'Altiplano bolivien.Thèse de doctorat, Agro Paris Tech, France'

Loveys BR, Düring H. 1984. Diurnal changes in water relation and abscisic acid in field grown *Vitis vinifera* cultivars. II. Abscisic acid changes under semi-arid conditions. *New Phytologist* 97(1): 37-47.

Mainassara Zaman-Allah ., Bouaziz Sifi., Boulbaba L'Taief ., Mohamed Hédi El Aouni.,2009. Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)

Maseda PH, Fernandez RJ. 2006. Stay wet or else : three ways in wich plants can adjust hydraulically to their environment. *Journal of Experimental of Botany* 57(15): 3963-3977.

Maurel C, Simonneau T, Sutka M. 2010. The significance of roots as hydraulic rheostats. *Journal Experimental of Botany* 61(12): 3191-3198.

Miranda M., Vega-Gálvez A., Uribe E., López J., Martínez E., Rodríguez M. J., Di Scala K. 2011. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Procedia Food Science* 1, 1439-1446.

MADRPM, (Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des pêches Maritimes), (2005). fiche technique sur les cultures alternatives : Quinoa, amarante et épeautre, 1-2

MM, Oliveira MM. 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal Experimental of Botany* 55(407): 2365-2384.

MOORE. F, 2017. Développement de la culture de quinoa en Outaouais. Ed; Club des services agroenvironnementaux de l'Outaouais. Québec, Canada.

Mujica A., Izquierdo J., Marathee J.P., 2001. Origen y descripción de la quinua. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathee, J. P. et FAO (eds). CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile

Passioura JB. 1996. Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation* 20: 79 83.

Passioura J. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce-from breeding to field management. *Agricultural Water Management* 80(1-3): 176-196.

- Passioura J. 2007.** The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal Experimental of Botany* 58(2): 113-117
- Prommarak S., 2014.** Response of Quinoa to Emergence Test and Row Spacing in Chiang Mai - Lumphun valley Lowland Area. *Khon Kaen Agri. J.* 42. Sppl .2: 8-14.
- Razzaghi F., Ahmadi S. H., Jacobsen S. E., Jensen C. R., Andersen M. N. (2012).** Effects of Salinity and Soil–Drying on Radiation Use Efficiency, Water Productivity and Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 198(3):173-184.
- Rojas. W, José Luis. S et Carrasco. E, 2004** Study on the social, environmental and economic impacts of quinoa promotion in Bolivia.Ed; PROINPA Foundation La Paz. Bo
- Ruiz. K, Biondi. S, Osos.R, Ian. A. R, Antogni. F, Martinèz. M. E, Coulibaly. A, Alipio. C. M, Pinto. M, Zorita-Silva. A, 2014.**Quinoa Biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Ed, INRA. Paris. France. P 354.livia. P13.
- RJIEIB W, KAHLAOUI B, HACHICHA M., 2015,**effet de l'irrigation avec des eaux eaux salées sur une culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Tunisie:Réponses du quinoa aux contraintes hydriques et salées,Editions universitaires européennes, P26.46.48.98.
- Ruales J., Nair B. M. (1993b).** Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) seeds. *Food Chemistry* 48(2):137-143.
- Schachtman DP, Goodger JQD. 2008.** Chemical root to shoot signaling under drought. *Trends in Plant Science* 13(6): 281-287.
- Sinclair TR, Ludlow MM. 1986.** Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Australian Journal Plant Physiology* 13: 329-341.
- Site web 1** <http://www.agrimaroc.ma/salinisation-sols-vraie-menace>
- Stikić R, , Stričević R., Jovanović Z., Matović G., Savić S., Rovčanin S., Knežević N., Dorđević S.2010.**Deficit irrigation methods.Management Practices for Horticulture and Viticulture.Faculty of Agriculture, University of Belgrade, Serbia 2010
- Tang Y., Tsao R. 2017.**Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review.

Molecular Nutrition & Food Research, 61(7) : 1600767. Vacher J. J. (1998). Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: Significance of local adaptation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 68(1–2):99-108.

Tapia M.E. , 1979. La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Serie Libros y Materiales Educativos 49. Bogota: IICA, CIID. Vacher J.J., 1989. *Los riesgos de la helada en el Altiplano boliviano.* La Paz: ORSTOM - SENAMHI.

TAPIA M.E., GANDARILLAS H., ALANDIAIS., Cardozo A., Mujica A., Ortiz R., et al. La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), 1979

Tapia M.E., 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente futuro.

Tardieu F, Tuberosa R. 2010. Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 13(2): 206-212.

TOUATI Ilham ., 2018. Etude de potentiel de croissance et de production de plusieurs variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sous les conditions arides de sud de l'Algérie (Cas de Ouargla). Université kasdi merbah ouargla, Département science agronomique. pp:8-12.

VIDAL APAZA (INIA), GLADYS CACERES (INIA), RIGOBERTO ESTRADA (INIA), REMBER PINEDO (FAO) 2013. catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú.

WILSON H.D. 1990. Quinoa and Relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). *Economic botany.* 44:92-110.

Whitmore AP, Whalley WR. 2009. Physical effects of soil drying on roots and crop growth.. *Journal Experimental of Botany* 60(10): 2845-2857.

Wood AJ 2005. Eco-physiological adaptations to limited water environments. In: Jenks MA, Hasegawa PM eds. *Plant abiotic stress: Blackwell Publishing Ltd.*

WWW.Researchgate.net. 2008. Le quinoa en Bolivie: Une culture ancestrale devenue culture de rente.

WWW.Tech-n-bio.com Quinoa en agriculture biologique

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

Zhang J, Davies WJ. 1990. Changes in the concentration of ABA in xylem sap as a function of changing soil water status can account for changes in leaf conductance and growth. *Plant, Cell and Environment* 13(3): 277-285.

Annexes

Tableau 14 : de la hauteur de la plante en (cm)

V	T	HP
V1	T1	30
V1	T1	35
V1	T1	18
V1	T1	25
V1	T2	18
V1	T2	18
V1	T2	18
V1	T2	18
V1	T3	17
V1	T3	16
V1	T3	17.7
V1	T3	15
V1	T4	15
V1	T4	16
V1	T4	16.5
V1	T4	16.44
V2	T1	29
V2	T1	29
V2	T1	32

V2	T1	28.83
V2	T2	19
V2	T2	19
V2	T2	17.92
V2	T2	19
V2	T3	18.25
V2	T3	18
V2	T3	18.44
V2	T3	18
V2	T4	16.34
V2	T4	16
V2	T4	16.31
V2	T4	16.5

Malgré toutes les conditions de déficit hydrique les deux variétés plante de quinoa ont montré une grande adaptabilité vis-à-vis du déficit hydrique, dans les traitements T2 T3 et T4

Tableau 16 : Durée de la phase semis-levés

Variété	Trait	Nomb de pot				Nombre T
		1	2	3	4	
JIZA 2	1	00	04	06	07	91
	2	07	06	05	05	
	3	02	08	06	10	
	4	08	05	07	05	

V 2	1	10	14	16	10	128
	2	07	06	15	00	
	3	02	00	06	10	
	Q102	4	00	05	15	

Tableau 17 : Durée de la phase levée-deux feuilles vraies

Variété	Trait	Nomb de pot				Nombre T	
		1	2	3	4		
V 1	1	02	01	05	06	68	
	2	01	06	05	06		
	3	06	02	05	01		
JIZA 2	4	05	08	02	07		
V 2	1	08	10	13	10	134	
	2	04	02	05	10		
	Q102	3	08	11	13		07
	4	15	09	05	04		

Tableau 18 : Durée de la phase deux feuilles vraies-quatre feuilles vraies

Variété	Trait	Nomb de pot	Nombre T
---------	-------	-------------	----------

		1	2	3	4		
V 1	1	02	10	02	04	114	
	2	09	08	04	06		
	3	04	11	12	02		
JIZA 2	4	08	10	04	06		
V 2	1	12	04	10	06	161	
	2	07	13	07	09		
	Q102	3	09	16	04		15
	4	10	12	14	13		

1. Ravageurs

a) Observation des principales espèces des pucerons recensés



Chrysomelidae

Figure 20 : Principales espèces de pucerons recensés

b) Observation des certain espèces prédatrice recensées :



Figure 21 : *Coccinella septempunctata*
(Stephens , 1836)

Figure 22: *Chrysoperlacarnea*
(Linné, 1758)



Figure 23 : (*Locusta migratoria*)

Résumé

Dans ce travail, mené en pots, nous avons testé l'effet de déficit hydrique de traitements: T2 , T3 et T4. Comparativement avec un témoin T1 chez deux variétés de *Chenopodium quinoa* Willd. (GIZA 2 et Q102). en étudiant certains paramètres morphologiques (la croissance, hauteur final,) .Les résultats montrent qu'il ya une variabilité entre les plantes sous déficit hydrique et les plantes non déficitaire (témoin) chez les deux variétés. la variété Q102, est la plus haute tandis que la variété (V1) JIZA 2 est la plus basse. Le déficit hydrique 50% dans les traitements T2, T3, T4 a une montre une certaine diminution des caractères morphologiques par rapport au traitement T1. Enfin, le quinoa se montre comme une plante hautement tolérante au déficit hydrique, les deux variétés (GIZA; Q102) ont montré une adaptation très bien à ces conditions malgré les variabilités enregistrés.

Mots clés : Quinoa, déficit hydrique, hauteur, serre, Pot

Abstract

In this work, carried out in pots, we tested the water deficit effect of treatments: T2, T3 and T4. Compared with a T1 control in two varieties of *Chenopodium quinoa* Willd. (GIZA 2 and Q102). by studying certain morphological parameters (growth, final height,). The results show that there is a variability between plants with water deficit and non-deficient plants (control) in the two varieties. variety Q102 is the highest while variety (V1) JIZA 2 is the lowest. The 50% water deficit in T2, T3, T4 treatments shows a certain reduction in morphological characteristics compared to T1 treatment. Finally, quinoa is shown to be a highly tolerant plant to water deficit, the two varieties (GIZA; Q102) have shown a very good adaptation to these conditions despite the variabilities recorded.

Key words: Quinoa, water deficit, height, greenhouse, Pot

المخلص

في هذا العمل ، الذي تم إجراؤه في أواني ، قمنا باختبار تأثير نقص المياه للمعاملات T2 :و T3 و T4 مقارنة مع عنصر تحكم T1 في نوعين من) *Chenopodium quinoa* Willd. الجيزة 2 و (Q102 بدراسة بعض المتغيرات المورفولوجية (النمو ، الارتفاع النهائي) ، وأظهرت النتائج أن هناك تبايناً بين النباتات ذات النقص المائي والنباتات غير الناقصة (الضبط) في الصنفين. الصنف Q102 هو الأعلى بينما الصنف (V1) JIZA 2 هو الأقل. يظهر نقص الماء بنسبة 50٪ في معاملات T2 و T3 و T4 انخفاضاً معيناً في الخصائص المورفولوجية مقارنة بمعالجة T1 أخيراً ، تبين أن الكينوا نبات شديد التحمل لنقص المياه ، أظهر الصنفان (GIZA)؛ Q102 تكيفاً جيداً للغاية مع هذه الظروف على الرغم من المتغيرات المسجلة.

الكلمات المفتاحية: الكينوا ، نقص المياه ، الارتفاع ، الصوبة ، القدر