



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Hydro-pédologie

Réf.:Entrezlaréférencedudocument

Présenté et soutenu par:
Zroug Fatma Zahra

Le:28juin2022

Effet de la fréquence d'irrigation sur la croissance et production de culture de Quinoa sous serre dans la région de Biskra

Jury:

Dr. BENSMAINE	MCA	Université de Biskra	Président
Mme. KASSAI.A	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
M. MEBREK.N	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire: 2021-2022

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 cette travail. Au terme de cette étude, mes reconnaissances respectueuses vont d'abord à madame **Kessai Abla**, 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. Je remercie tout le personnel du laboratoire de Département de science de la nature et de la vie de l'université de Biskra. Je remercie A tous ceux qui m'ont aide de prés ou de loin à réaliser ce travail, je dis merci.*

Fatma zroug

Dédicace

**Je dédié en premier lieu ce modeste travail à ma
mère pour son soutien tout le long de ma vie de
puis ma naissance jusqu'à ce jour, puisse Allah lui
accorder une bonne santé.**

**Je tiens à rendre hommage à mon père et à celui
qui a su et pu faire de moi la femme que je suis, les
mots ne peuvent exprimer mon entière gratitude et
un grand merci à
mes sœurs et toute ma famille.**

**A tous mes amis sans exception, Ils sont nombreux,
je ne peux**

**tous les citer mais je ne peux pas les oublier, surtout hiba,
rima. Hadda, Ibtissam , houda, khawla et ihssan .**

**Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce
projet soit possible, je vous dis merci.**

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Sommaire

Introduction..... I

Partie bibliographique

Chapitre 01: Généralités et importance du Quinoa

Chapitre 01 Généralités et importance du Quinoa 4

I- Généralité..... 1

 1-1 Historique et origine..... 1

 1-2 Position systématique..... 2

 1-3 Importance du quinoa..... 2

 1-3-1 Importance économique 2

 • Dans le monde 2

 • En Algérie..... 3

 1-3-2 Impotence nutritionnel 4

 • Protéines: 4

 • Fibres alimentaires 5

 1-4-Généétique et diversité du quinoa 5

 1-5- Description morphologique de la plante 7

•	Racine.....	7
•	Tige	7
•	Feuilles	8
	1.6.Les stades phénologiques du quinoa	9

Chapitre 02: Stress hydrique de la culture de Quinoa

2-1 Définition du stress	14
2-1 Définition du stress hydrique.....	14
2-3- Effet du stress hydrique sur la croissance végétative	14
2-4-Besoin en eau de la culture de quinoa.....	15
2-5 Récolte et rendement de quinoa.....	15
2-6-Mécanismes d'adaptation de quinoa au déficit hydrique	15

Partie expérimentale

Chapitre 03: Matériels et méthodes

3 -1 Objectif.....	18
3-2 Site expérimentation	18
3 -3Caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation	18
3-4 Matériel et Méthodes	20
3-4-1- Matériel végétal.....	20
3-4-2 Matériels et la techniques utilisé.....	21
3-5-Méthodologie de travail	22
3 -6-Dispositif expérimental.....	24
3-7- Paramètres étudiées:	25

3-7-1 Paramètre morphologique	25
A-Test de germination:	25
B- Identification des stades phénologiques	26
3-8 Mesures et observations	28
A-Hauteur de plante en cm (HP).....	28
B-Analyse Pollinique	28
C-Nombre des ramifications et nombre de panicules par plant.....	28
D-Mesure du diamètre des plantes.....	28
E-Biomasse sèche aérienne	29
F-Poids de 1000 graines	29
3-9 Analyse minérale des feuilles (Na ⁺ K ⁺).....	29
3-10-Analyse statistique	30

Chapitre 04: Résultats et discussions

4-1 Effet du stress hydrique sur les stades de croissances (duré en jours)	31
• Analyse pollinique.....	32
4-2-Effet du stress hydriques sur les caractéristiques morphologiques	33
4-2-1 Hauteur moyen de la plante en cm	33
4-2-3 Le diamètre de la tige moyenne par plant.....	35
4-2-4-Nombre des panicules par plant	36
4-2-5 Le poids moyen de la panicule principale	37
4-2-6Le poids de 1000 grains (PMG en g).....	39

4-2-7 La biomasse.....	40
4-2-7-1-Matière sèche aérienne.....	40
4-3 - Effet du stress hydrique sur l'analyse minérale (Na ⁺ et K ⁺) Au niveau des feuilles	41
4-3-1- Les valeurs moyenne du Na ⁺ au niveau les feuilles	41
4-3-2- Les valeurs moyen du K ⁺ au niveau les feuilles	42
Conclusion	44
Références bibliographiques	46
Annexes.....	51

Liste des abréviations

V1	AMARILLA SACACA
%	Pourcent
C	Degrés Celsius.
Cm	Centimètre.
CE/d	Conductivité Electrique.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
g	Gramme.
Ha	Hectare.
INRAA	Institut National De La Recherche Agronomique ; station d'Adrar
INRF	Institut National de Recherche Forestière
I.T.D.A.S	Institut Technique du Développement de l'Agriculture Saharienne.
ITGC	Institut Technique des Grandes Cultures
Kg	kilogramme.
L	Liter
M	Mètre
Mm	Millimètre
N	Nombre
pH	Potentiel d'Hydrogène
Qx	Quintaux
tn	Tonnes
N.T	Nombre Totale
Trait	Traitement

Liste des tableaux

Tableau 1: Les stades phénologiques du quinoa (Mujicaet Canahua,1989)	10
Tableau 2: Résultats des analyses du sol	19
Tableau 3: Caractéristique chimiques de l'eau d'irrigation.....	19
Tableau 4: Caractéristique de la variété choisie (Amarilla Sacaca).....	20
Tableau 5: Dispositif expérimental	24
Tableau 6: Test de germination % (moyen) des variétés de quinoa	26
Tableau 7: Identification des stades phénologiques du quinoa (ITDAS, 2019)	27
Tableau 8: La durée des stades de croissances en jours	31
Tableau 9: Groupes homogènes fréquence d'irrigation (hauteur des plantes)	34
Tableau 10:Groupes homogènes fréquence d'irrigation	35
Tableau 11 : Groupes homogènes fréquence d' irrigation (diamètre des plante)	36
Tableau 12: Groupes homogènes fréquence d'irrigation (nombre des panicules).....	37
Tableau 13: Groupes homogènes fréquence d' irrigation (Poids de la panicule)	38
Tableau 14:Groupes homogènes fréquence d' irrigation (PMG en g)	40
Tableau 15: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (BA).....	41
Tableau 16: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (Na+)	42
Tableau 17: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (K+)	43

Liste des figures

Figure 1: Carte de distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du Sud (www.researchgate.net)	1
Figure 2: Mouvement du quinoa dans le monde (BAZILE,2014)	3
Figure 3: Localisation des sites des essais d'introduction de quinoa en Algérie (FAO, 2010).....	4
Figure 4: Teneurs en protéines du quinoa et d'autres aliments (pour 100 g du poids sec).(FAO,) ..	5
Figure 5: Système racinaire du quinoa (Gandarillas, 1979).....	7
Figure 6: Forme de la tige principale (VIDALAPAZA et al,2013)	8
Figure 7: Feuille du quinoa(TouatiI., 2018).....	9
Figure 8: Les stades phénologiques de la culture du Quinoa (Source : IDR inLEBONVALLET; 2008	12
Figure 9:Le site expérimental (Originale ,2022)	18
Figure 10: Graines des variétés de quinoa utilisées.....	21
Figure 11: Le gravie (Originale, 2022).....	21
Figure 12: sol (Originale, 2022)	22
Figure 13: Engrais (20 20 20) (Originale, 2022).....	22
Figure 14: remplis de mélange du sable et terreau.....	23
Figure 15:Pots expérimentaux par couche de gravier +mélange.....	23
Figure 16: Le semis (Original, 2022)	24
Figure 17:dispositif expérimental.....	25
Figure 18: Test de germination (photo originale 2022).....	26
Figure 19: Mesure de la hauteur des plantes de quinoa. (Originale 2022)	28
Figure 20: Mesure du diamètre des plantes par un pied à coulisse (Originale 2022).....	29
Figure 21: Échantillon Dosage de Na'+ et K+	30
Figure 22: les différents stades de croissance de quinoa (Original, 202).....	32
Figure 23: Présentation microscopique des graines de pollens de quinoa amarilla sacaca	33
Figure 24: Effet du stress hydrique sur la hauteur moyenne de la plante	34
Figure 25: Effet du stress hydriques sur le nombre des ramifications moyen par plan	35
Figure 26: Effet du stress hydriques sur le nombre moyen du diamètre de la tige	36

Figure 27: Effet du stress hydrique sur le nombre des panicules moyen par plant..... 37

Figure 28: Effet du stress hydrique sur Poids de la panicule principale moyenne par plant 38

Figure 29: Culture de Quinoa au stade de maturation site Biskra(Originale, 2022)..... 39

Figure 30: Effet du stress hydrique sur le poids de 1000 grains 40

Figure 31: Effet du stress hydrique sur la production de matière sèche aérienne moyens (g)..41

Figure 32: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (BA) 42

Figure 33: Les valeurs moyen du K^+ (méq/l) au niveau les feuilles 43

Introduction

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), un pseudo-grain originaire des Andes. Considéré comme un aliment de base pour une population de 3 000 à 5 000 ans.

Le développement technologique du quinoa était très avancé et il était distribué sur le territoire des Incas. Avec l'arrivée des Espagnols, la récolte a été remplacée par les céréales. Il se caractérise par une adaptation particulière aux conditions pédoclimatiques extrêmes. (FAO, 2016).

A l'échelle mondiale, la productivité et le développement agricoles sont confrontés à de multiples contraintes biotiques et abiotiques (sécheresse, froid, gel et salinité). Parmi ces facteurs limitants, l'eau et la saumure sont considérées comme les facteurs limitants les plus importants pour la production, en particulier dans les régions arides et semi-arides (RJEIBI et al., 2015).

Il est important de noter que la demande en eau est l'une des contraintes environnementales les plus courantes affectant la croissance et le développement des plantes (ASLAM et al., 2006).

Ce déficit hydrique peut survenir à différents stades du cycle de vie de la plante, est étroitement lié au stade de développement de la plante (CHAVES et al., 2002 ; JALEEL et al., 2008) et peut affecter le rendement en biomasse et en céréales (ARAUS et al., 2002 ; TESTER 2005).

Dans cette optique, notre travail visait à étudier l'effet de la demande en eau sur certains paramètres morphologiques (hauteur de la plante), certains paramètres de croissance (nombre de branches et nombre de panicule), sur populations (AMARILLA)

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: stress hydrique pour de la culture de quinoa
- Le troisième chapitre comporte une description des méthodes appliquées et du matériel végétal utilisé
- Le quatrième chapitre concerne les résultats et leur discussion.

Le présent travail est achevé par une conclusion et des perspectives

Partie
bibliographique

Chapitre 01: généralités et importance du Quinoa

I- Généralité:

1-1 Historique et origine :

Le quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) est une espèce de plante herbacée annuelle de la famille des Chénopodiacées originaire de l'andine de l'Amérique de Sud, cultivée depuis jusqu'à près de 4000 m d'altitude boliviano péruvien .

Elle présente des caractéristiques singulières dans sa morphologie, sa coloration et son comportement dans différentes zones agroécologiques.

Cette pseudo-céréale dont la domestication remonte à 7000 ans environ (MUJICA ET AL., 2001) a été cultivée et consommée pendant des siècles par les populations paysannes indigènes de Colombie, Équateur, Pérou, Bolivie et Chili (GANDARILLAS, 1979).

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



Figure 1: Carte de distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du Sud (www.researchgate.net)

1-2 Position systématique:

Selon la classification Cronquist, (1981) in FAO (2013):

- **Royaume:** Plantae
- **Division:** Magnoliophyta
- **Classe:** Magnoliopsida
- **Ordre:** Caryophyllales
- **Famille:** Amaranthaceae
- **Sous-famille:** Chenopodioideae
- **Genre:** Chenopodium
- **Espèce:** *Chenopodium quinoa Willd.*

1-3 Importance du quinoa:**1-3-1 Importance économique:****Dans le monde:**

Le quinoa occupe une superficie d'environ 99.313 ha dans le monde, et la production était de 78.025 tonnes en 2010. La Bolivie et le Pérou sont les principaux producteurs.

La Bolivie est le principale producteur du quinoa en terme de superficie, qui est de l'ordre de 63.010 ha avec une production d'environ 36.106 tonnes alors que le Pérou produit plus de 41.000 tonnes sur une superficie d'environ 35.313 ha (rendement plus élevé au Pérou) (FAOSTAT, 2010).

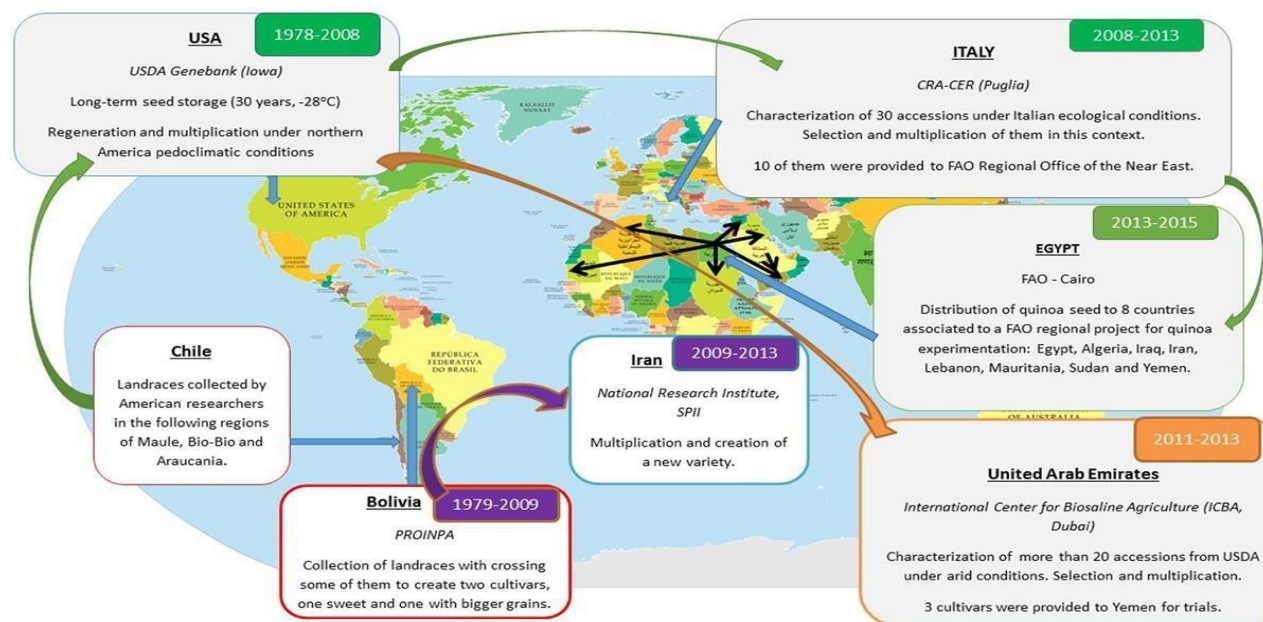


Figure 2: Mouvement du quinoa dans le monde (BAZILE,2014)

En Algérie:

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

Une convention a été signée entre le FAO et l'Algérie dans le cadre du projet (TCP/RAB 3403) intitulé : Assistance technique pour l'introduction du quinoa et appropriation/institutionnalisation des productions en Algérie, Égypte, Irak, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen).

L'objectif du suivi est la détermination du cycle de la détermination du cycle de la culture d'une part et d'autre part l'optimisation des apports d'eau et d'engrais selon les stades de développement de la culture pour une meilleure économie.

Les accessions cultivées présentaient une différence dans le cycle de développement, il existe des variétés précoces et tardives

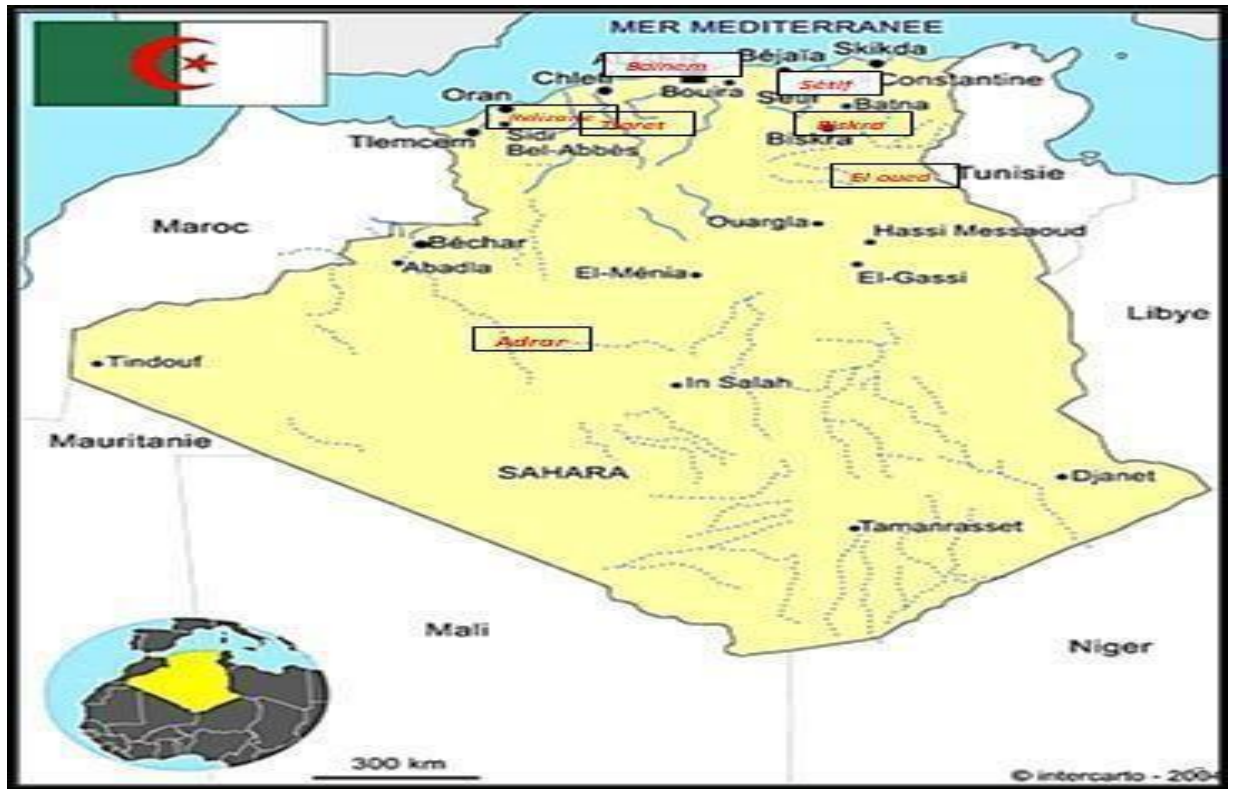


Figure 3: Localisation des sites des essais d'introduction de quinoa en Algérie (FAO, 2010)

1-3-2 Impotence nutritionnel:

Protéines:

La teneur en protéines du quinoa est comprise entre 10,4 et 17 % de la partie comestible, selon la variété. (REYES MONTANO et *al.*, 2006).

Le quinoa contient davantage de protéines que la plupart des céréales (Figure 04), mais il se distingue surtout par la qualité des es protéines. (REPO-CARRASCO et *al.*, 2003).

Celles-ci sont composées d'acides aminés, dont huit sont considérés comme essentiels pour les enfants comme pour les adultes. Le quinoa dépasse les valeurs recommandées par la FAO chez les enfants de trois à 10 ans pour les huit acides aminés essentiels. Contrairement au quinoa, la majorité des céréales ont une teneur faible en lysine, l'un des acides aminés essentiels, tandis que les légumineuses sont généralement pauvres en méthionine et en cystéine, deux acides aminés soufrés. (KOZIOL, 1992).

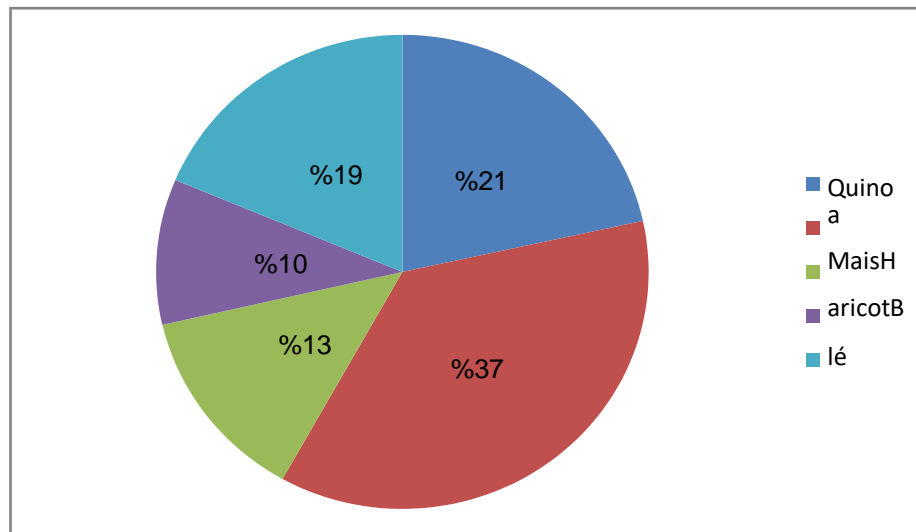


Figure 4: Teneurs en protéines du quinoa et d'autres aliments (pour 100 g du poids sec).(FAO,)

Fibres alimentaires:

Une étude récente portant sur quatre variétés de quinoa a montré que la quantité de fibres alimentaires contenues dans le quinoa cru était comprise entre 13,6 et 16 grammes pour 100 grammes de poids sec.(REPO-CARRASCO et *al.*,2011).

La plupart de ces fibres n'étaient pas solubles (12-14,4 g pour 100 g de poids sec contre 1,4-1,6 g de fibres solubles). La teneur en fibres alimentaires du quinoa, à l'instar de sa teneur totale en protéines, est généralement supérieure à celle de la plupart des céréales mais inférieure à celle des légumineuses. Les fibres alimentaires sont la partie d'un aliment d'origine végétale qui ne peut être digérée. Elles participent au bon déroulement de la digestion et préviennent la constipation.(FAO, 2013).

1-4-Généétique et diversité du quinoa:

Le quinoa a été domestiqué dans les Andes il y a 5.000 à 7.000 ans (BRACK Egg, 2003). Le quinoa cultivée présente une grande variabilité génétique qui se traduit par une diversité de couleur des tiges, des inflorescences et des graines, de forme et de taille des inflorescences, de teneur en protéines, de contenu en saponine et dans la présence ou non de cristaux d'oxalate de calcium sur les feuilles.

La quantification des chromosomes de divers cultivars de *Chenopodium quinoa* de

Bolivie, Pérou et Chili donne un nombre de 36 chromosomes somatiques, constitués de deux lots diploïdes de $2x = 4n$, avec $n = 9$ chromosomes, faisant de la quinoa une espèce allo-tétraploïde (CATACORA1977GANDARILLAS,1979b; Tapia et *al.*,1979 ;Wilson,1988a,1988b, 1988c; Izquierdo et al., 2001).

Selon Tapia, M. E. Et A.M. Fries, (2007) il existe plus de 3 000 variétés ou écotypes du quinoa, sauvages ou cultivés, que l'on peut regrouper en cinq catégories principales selon leur adaptation aux conditions agroécologiques des grandes zones de production:

Le quinoa des vallées comprend deux sous-types: le quinoa des vallées arides (cultivé à Junín au Pérou, par exemple) et le quinoa des vallées humides, cultivé dans des zones situées entre 2 300 et 3 500 mètres d'altitude, caractérisées par un volume de précipitations annuel oscillant entre 700 et 1500 mm et une température minimale moyennede3° C.

Le quinoa des hauts plateaux est cultivé au-dessus de 3 000 mètres d'altitude dans des zones caractérisées par un volume de précipitations annuel situé entre 400 et800mm et une température minimale moyennede0° C.

Le quinoa des déserts de sel pousse dans des zones situées à près de 3 000mètres d'altitude, caractérisées par un volume de précipitations annuel de 250 à 400mmet une température minimale moyenne de -1° C.

Le quinoa des zones situées au niveau de la mer est adapté aux régions se trouvant entre le niveau de la mer et 500 mètres d'altitude, où les précipitations annuelles oscillent entre 800 et 1 500 mm et où la température minimale moyenne estde5° C.

Lequinoadeszonessubtropicalespousseentre1500et2300mètresd'altitude, dans des zones caractérisées par un volume de précipitations annuel allantde1 000 à2 000 mm et unetempératureminimalemoyennede7° C. On peut également classer les différentes variétés de quinoa actuellement cultivées en fonction de leur origine et de leur utilisation, à savoir:

- Les variétés améliorées ou commerciales ,sélectionnées et génétiquement améliorées dans des stations expérimentales;
- Les variétés indigènes, sélectionnées par les agriculteurs et par les

communautés locales ou autochtones, comprenant:

- Les quinoas blancs à petits grains
- Les quinoas doux à faible teneur en saponines
- Les quinoas amers à forte teneur en saponines.

1-5- Description morphologique de la plante:

Le quinoa (*C. quinoa*) est une plante dicotylédone, herbacée, annuelle (YAZAR et İNCEKAYA,2014), sa longueur entre 50cm et 2m (HERBILLON, 2015) la couleur prédominante de la plante est verte mais chez les plantes adultes, les couleurs de base sont rouges, pourpre et vert, selon le génotype (DEL CASTILLO et *al.*,2008).

Racine:

Le système racinaire est très robuste (HERBILLON, 2015). Les racines peuvent atteindre la profondeur de 30 cm (HERBILLON,2015; Jancurová et *al.*,2009). La racine s'allonge en première, et à partir de laquelle vont se développer des racines secondaires et tertiaires, des quelles se forment des radicules pouvant également se ramifier.



Figure 5: Système racinaire du quinoa (Gandarillas, 1979)

Tige:

La tige de quinoa a une taille comprise entre 0.5 et 1.5 m selon la variété et les conditions de croissance (DEL CASTILLO et *al.*,2008). Une Coupe transversale dans le

tiers inférieur de la plante au stade de maturité physiologique, montre que la tige principale présente deux formes, une forme cylindrique et une forme angulaire (BIOYERSITY INTERNATIONAL et FAO,2013).



Figure 6: Forme de la tige principale (VIDALAPAZA et al,2013)

Feuilles:

Les feuilles d'une même plante sont nettement polymorphes (Bioversity Internationale (FAO, 2013), les feuilles basales sont grandes et peuvent être rhomboïdales ou triangulaires(FAO, 2011). Les feuilles alternes, ont un limbe en forme de losange, de triangle ou lancéolé, plat ou onduleux, charnu et tendre (Del Castillo et *al.*,2008). Elles sont dentées, avec jusqu'à 43 dents sur leurs bords (Figure 07). La couleur des feuilles varie du vert au rouge, en passant par le jaune et le violet, selon la nature et l'importance des pigments (FAO,2011).



Figure 7: Feuille du quinoa(TouatiL., 2018).

a) Race du sud du Pérou et de la Bolivie avec peu de dents.

B) Race du centre du Pérou avec 3 à 12 dents.

C) Race du nord du Pérou et l'Equateur avec plus de 12 dents (HERBILLON 2015).

1.6. Les stades phénologiques du quinoa:

Plusieurs échelles de développement ont été décrites pour le quinoa, selon (Mujica et Canahua, **1989**) en 12 phases. Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade. Les différents stades sont illustrés en (**Tableau01**) avec un résumé des stades les plus importants.

Tableau 1: Les stades phénologiques du quinoa (Mujicaet Canahua,1989).

Les stades	Jours après le semis	Description
Levée	[7-10]	Elle correspond à la sortie de la plantule et au déploiement des feuilles cotylédonaire.
Ramification	[45-50]	A partir du stade (08) feuilles, on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième nœd. 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.
Panicule	[65-70]	A partir du stade (08) feuilles, on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième nœd. 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.
Floraison	[90-100]	L'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescences est produit. 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 plus sensible aux gelées.
		Les feuilles inférieures, flétries, tombent.

Grain laiteux	[100-130]	Le grain est qualifié de laiteux, car un liquide blanchâtre en sort lorsqu'une pression est exercée sur le fruit. Un déficit hydrique pendant cette phase entraîner une forte diminution du rendement.
Grin pâteux	[130-160]	L'intérieure des fruits devient d'une consistance pâteuse, toujours de couleur blanche.
Maturité physiologique	[160-180]	Le grain, plus résistant à la pression, est à maturité, avec une teneur en eau inférieure à 15%. Pendant le remplissage des graines depuis la floraison, la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité.

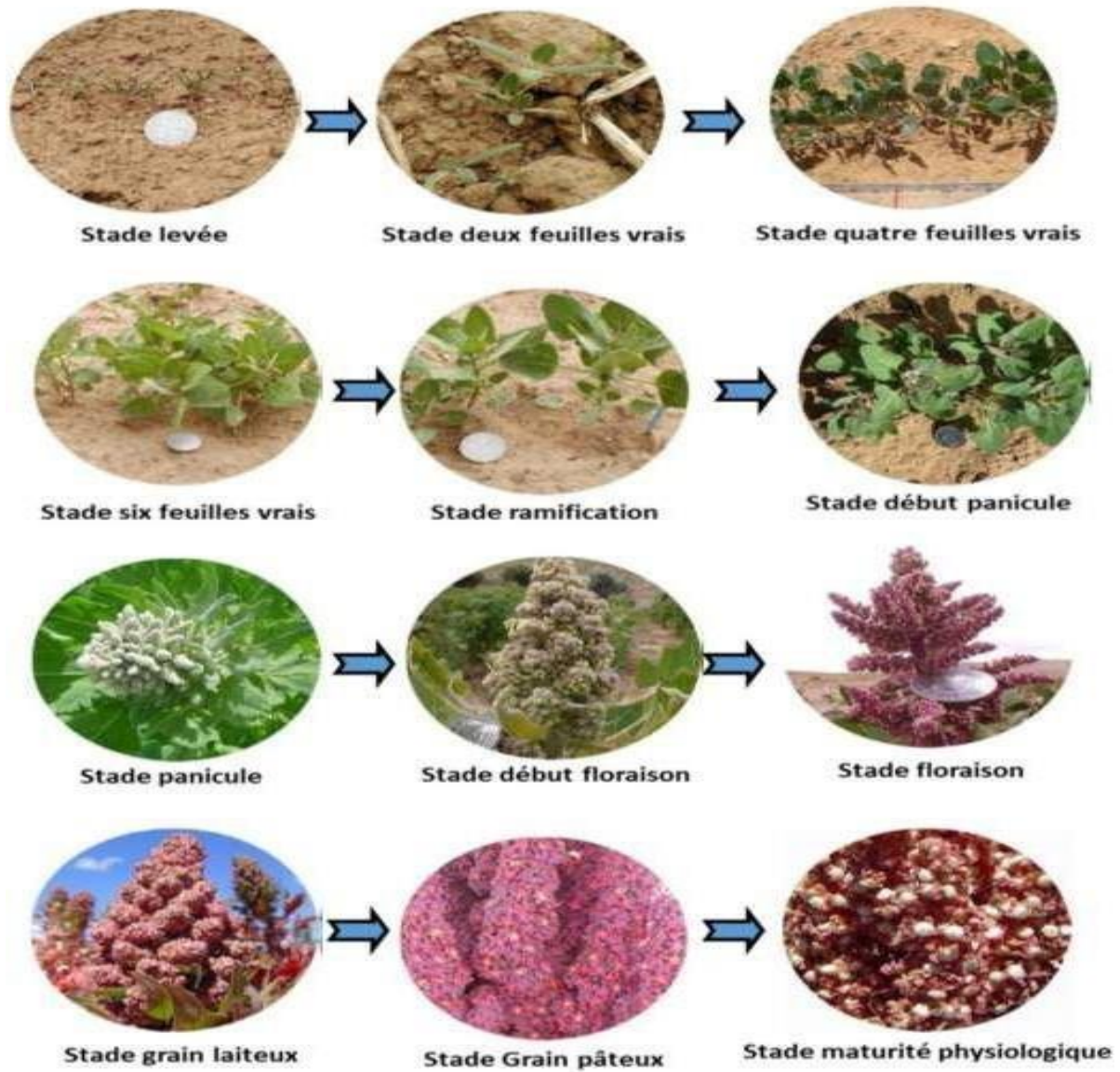


Figure 8: Les stades phénologiques de la culture du Quinoa (Source : IDR in LEBONVALLET; 2008)

Chapitre 02: Stress hydrique pour la culture du Quinoa

2-1 Définition du stress:

Selon HOPKINS, (2003), on appelle un stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype).

2-1 Définition du stress hydrique:

L'eau est un élément indispensable à l'être vivant. Elle représente le constituant quasi total des organes végétaux. Elle assure plusieurs fonctions à savoir : remplissage des organes de la plante pour le maintien de son port ; un moyen de transport et de dissolution des éléments nutritifs solubles à travers les vaisseaux. Elle est considérée comme régulateur thermique par son passage de la forme liquide à la forme vapeur. De ce fait, l'eau transpirée crée un micro climat spécial à travers les limbes.

La sécheresse est définie par tout manque d'eau qui ne permet pas aux plantes cultivées d'exprimer le rendement qui serait attendu en situation favorable ou qui peut affecter la qualité des produits récoltés (ATTIA, 2002). La sécheresse agricole qui conduit à la diminution des rendements et la croissance de plantes cultivées est le résultat des combinaisons atmosphérique (ETP), de l'état de l'humidité du sol et de l'état de la culture (stade phénologique, densité de semis). Un stress hydrique s'installe lorsque les pertes d'eau par transpiration dépassent la quantité absorbée (BOURGAULT,2009).

2-3- Effet du stress hydrique sur la croissance végétative:

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitantes est fortement perturbé (CHAVES *et al.*,2002 ;LEBON *et al.*,2006). On note principalement une diminution importante de la taille de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (LEBON *et al.*, 2006 ; ATTIA, 2007).Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer , et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (KRAMER et BOYER, 1995 ; BOUCHABKE *et al.*, 2006).

2-4-Besoin en eau de la culture de quinoa:

La culture de quinoa tolère le stress hydrique et s'adapte bien aux régions où la pluviométrie annuelle avec irrigation se situe entre 250 - 400 mm sur des sols limono-sableux ou sablo-limoneux.

En deçà, la hauteur et le rendement des plantes diminuent. Par contre les irrigations excessive augmente la taille des plantes (hauteur) et améliore le rendement, mais avec le risque déverse. (MADRPM, 2005).

2-5 Récolte et rendement de quinoa :

Les panicules du Quinoa sont similaires à ceux du sorgho. la récolte commence quand les graines se détachent facilement par simple pression entre les mains. Les machines de battage possèdent des filtres à petites mailles à cause de la taille des graine set leur poids léger. En l'absence de machines, le battage est réalisé aisément après séchage des panicules. Le vannage et la séparation gravitaire sont nécessaires pour éliminer les débris.

Les rendements sont en moyenne autour de 0,8 à 0,9 t.ha-1, pour parcelles de 4 000 m² ou moins (LEBONVALLET,2008).

2-6-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 à la 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 ont 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 sévèrement tant 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.(SONDIAKALIA, 2010).

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

Partie expérimentale

Chapitre 03: Matériels et méthodes

3 -1 Objectif :

L'objectif de cet étude vise à étudier le comportement d'une variété (Amarilla sacaca) de culture de quinoa en condition de stress hydrique dans une serre ; tout en analysant l'effet de ce stress hydrique appliquée par des différentes fréquences d'irrigations : 2 jours ; 5 jours et enfin 7 jours au stade de formation de panicules comparativement au traitement d'irrigations témoin (2 jours d'irrigations)

3-2 Site expérimentation :

Notre expérimentation a été réalisée au cours de l'année 2021-2022 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)

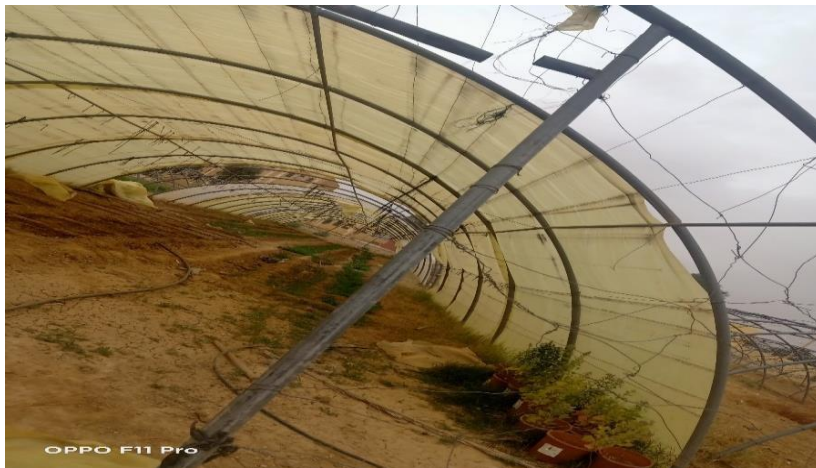


Figure 9:Le site expérimental (Originale ,2022)

3 -3Caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation :

Les tableaux (2.3) représentent les caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation du site.

Tableau 2: Résultats des analyses du sol.

PH	8.56
CE	1.8ml/cm
Matière organique	0.8%
Calcaire total	38 %

Tableau 3: Caractéristique chimiques de l'eau d'irrigation

Qualité d'eau	(CE) (ds/m)	PH	Cation méq/l				Anions méq/l				Minéralisation g/l	SAR
			Na+	Ca+ +	Mg+ +	K+	CO3 -	HCO3 -	Cl- -	SO4- -		
Allia (département)	4.93	7.23	21.28	15	20.00	0.21	00	7.2	26.56	15.45	3.15	4.26

D'après la classification qui a été adaptée par la FAO, 1985 on déduit que la salinité de l'eau (de forage de el allia CE : 4.93 ds/m qui est supérieur à 3 présente de problèmes sévères à l'irrigation

Le tableau suivant montre des informations de cette variété publié par le FAO en 2014

Tableau 4: Caractéristique de la variété choisie (Amarilla Sacaca)

Durée du cycle végétatif(Jours)	160 à 170	Couleur du Péricarpe	Jaune
Hauteur des plants(m)	1.50à 1.70	Rendement en grains par plant (g)	82.00 à94.00
Rendement moyen en grains(t/ha)	3.5	P.M.G (g)	2.9
Couleur de la tige principale	Verte	Nombre de jours au début de la panicule	85
Présence de ramifications	Présentes	Nombre de jours à la floraison	125
Couleur des feuilles	Verte	Nombre de jours à la maturité physiologique	160
Couleur de la panicule à la floraison	Orange	Tolérance aux basses températures	Sensible
Couleur de la panicule à la maturité physiologique	Orange	Tolérance à la sécheresse	Modérément tolérante
Nombre de panicules par plante	1	Tolérance à l'humidité	Tolérante
Longueur de la panicule (cm)	30 à 68	Teneur en saponine (%)	7
Diamètre de la panicule (cm)	10 à 13	Protéines (%)	14.58
Couleur du périsperme	Blanche	Fibres (%)	2.56

3-4 Matériel et Méthodes:

3-4-1- Matériel végétal :

La présente étude a été porté sur le d'une seule variété de quinoa : Amarilla Sacaca



Figure 10: Graines des variétés de quinoa utilisées(Originale, 2022)

3-4-2 Matériels et la techniques utilisé:

- Seau d'arrosage
- Serre en plastique (7.30 m × 6.10m×2.20 m)
- Pots en plastique



Figure 11: Le gravie (Originale, 2022)



Figure 12: sol (Originale, 2022)



Figure 13: Engrais (20 20 20) (Originale, 2022)

3-5-Méthodologie de travail:

Préparation des pots et semis : Le sol échantillonné provient d'une parcelle située au niveau du département de la science agronomique Biskra.

On a tamisé le sol pour enlever les cailloux et les pierres, puis on a mélangé le sol avec du fumier. Une couche de 2- 3 centimètre de gravier de taille moyenne à été placé au fond des pots afin de faciliter le drainage.



Figure 14: remplis de mélange du sable et terre (Originale, 2022)



Figure 15: Pots expérimentaux par couche de gravier +mélange (Originale, 2022)

Mise en culture : Les graines préparées sont directement semées dans les pots le 1/12/2021. Dans chaque pot ont été repiqués 10 poquets à 2 à 3 graines par poquets, les pots sont ensuite irrigués à leur capacité de rétention (2 L).



Figure 16: Le semis (Original, 2022)

3 -6-Dispositif expérimental :

Nous avons opté pour un dispositif expérimental de blocs aléatoire avec 3 traitement T1,T2,T3 et 4 répétition $3 \times 4 = 12$ pots. le stress hydrique a été appliqué au stade panicules les fréquence d'irrigations choisis sont les suivantes:

- T1=reçoit une irrigation 2 jour
- T2=reçoit une irrigation 5jour
- T3= reçoit une irrigation 7jour

Tableau 5: Dispositif expérimental

Bloc 01	Bloc 02	Bloc03	Bloc04
T1	T2	T3	T2
T2	T3	T1	T1
T3	T1	T2	T3



Figure 17: dispositif expérimental (Originale, 2022)

3-7- Paramètres étudiées :

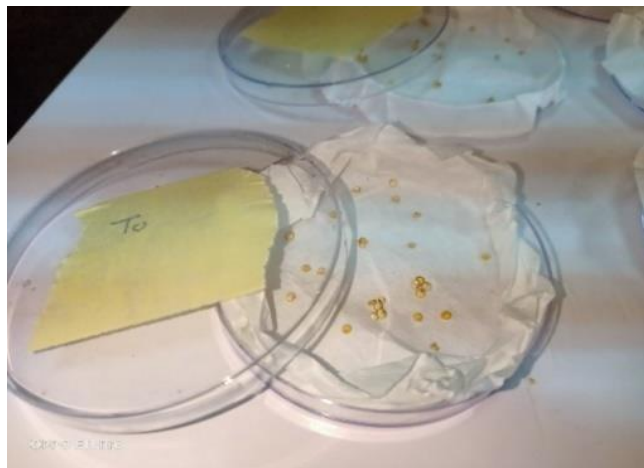
3-7-1 Paramètre morphologique :

A-Test de germination :

La détermination du pourcentage des grains susceptibles de germer est réalisée par l'imbibition de 25 grains dans l'eau en condition normale, pendant 48 heures

$$G\% = 100 * (T/N)$$

- **G%** : Pourcentage de germination
- **T** : Nombre des graines germées
- **N** : Nombre total des graines mises à germer.



Après 48 heures

**Figure 18:** Test de germination (originale 2022)

D'après le **tableau 06**, nous indique le pourcentage de germination moyen des variétés étudiées, on remarque taux de germination élevé 96% Ces valeurs de test moyen de germination indiquent que un seul variété ont une faculté germinative élevée

Tableau 6: Test de germination % (moyen) des variétés de quinoa

Variété	Totale	Germées	Taux
Amarilla sacaça	25	24	96%

B- Identification des stades phénologiques :

Tableau 7: Identification des stades phénologiques du quinoa (ITDAS, 2019).

Les stades	Identification
Stade levé	Est atteint lors de la sortie des feuilles cotylédonaire. On note la date lorsque la levée a été atteinte par 90% des plantes levées de la parcelle.
Deux feuilles vraies	On note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.
Quatre feuilles vraies	L'apparition de la 2 ^{ème} paire de feuilles vraies. On note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.
Six feuilles vraies	L'apparition de la 3 ^{ème} paire de feuilles vraies. On note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.
Ramification	A partir de stade de 8 feuilles. Les feuilles cotylédonaire jaunissent et tombent et laissent une cicatrice sur la tige. On note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.
Panicule	L'inflorescence est désormais clairement visible au-dessus des feuilles, et la composition des glomérules et les boutons floraux. On note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.
Floraison	L'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence. On note la date lorsque le stade a été atteint

3-8 Mesures et observations :

A-Hauteur de plante en cm (HP) :

La hauteur des plantes issue de la croissance est mesurée à l'aide d'une règle graduée pour chaque variété ; les mesures de ce paramètre sont enregistrées chaque 15 jour jusqu'à stade de panicule.



Figure 19: Mesure de la hauteur des plantes de quinoa. (Originale 2022)

B-Analyse Pollinique :

Je secoue la fleur de la plante pour enlever la poussière des graines de pollens sur une lame et le place-la sous microscope

C-Nombre des ramifications et nombre de panicules par plant :

On compte ces deux paramètres à stade de formation de panicule, on raison de compter un nombre moyen des panicules pour trois plants pour chaque pot.

D-Mesure du diamètre des plantes :

Le diamètre des plantes a été déterminé à l'aide d'un pied à coulisse



Figure 20: Mesure du diamètre des plantes par un pied à coulisse (Originale 2022)

E-Biomasse sèche aérienne

La teneur en matière sèche et exprimer en g ou en pourcentage par apport au poids de l'échantillon.

La méthode de mesure consiste à mettre à l'étuve à 105 C^0 jusqu'à obtention d'une masse constante

F-Poids de 1000 graines :

Après récolte pour chaque pot on prend une quantité de graines à partir de celles récoltées.

On compte 1000 graines et on les pèse pour chaque répétition.

3-9 Analyse minérale des feuilles ($\text{Na}^+ \text{K}^+$) :

-On a pris 1.0 g de la matière végétale, séchée préalablement à $105\text{ }^\circ\text{C}$ dans un creuset. -Calciner à 550° dans un four pendant 3h jusqu'à l'obtention d'une cendre blanche,

-Transférer la cendre dans un bécher de 100 ml en ajoutant 5 ml de HCl (2N) et couvrir d'un

- HCl acide chlorhydrique (2N) est obtenu par : dilution de 165,6 ml d'HCl concentré ($d=1.19$, 37%) avec l'eau distillée dans une fiole jaugée de 1l.

-Ébullition douce sur une plaque chauffante pendant 10 mn.

Après refroidissement, ajouter 25mL d'eau distillée puis filtrer dans une fiole de 50 ml à l'aide d'un papier filtre. (Rayn et al, 2001).

- A partir de cette solution, on a dosé le Na' et le K par photométrie à flamme

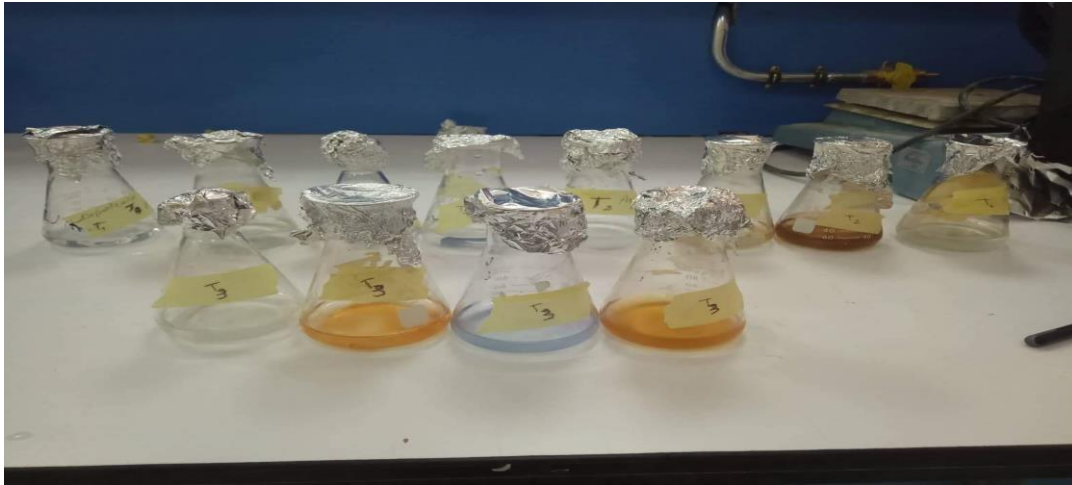


Figure 21: Échantillon Dosage de Na⁺ et K⁺(Originale 2022)

3-10-Analyse statistique :

L'analyse de variance a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT (2009).la comparaison des moyennes a été selon le test de Newman-Keuls.

Chapitre 04: Résultats et discussions

4-1 Effet du stress hydrique sur les stades de croissances (duré en jours) :

D'après le tableau 08, on remarque, que durant les quatre premiers stades de la culture il n'a pas des différences entre la durée par rapport fréquences d'irrigations T1 (2 jours), T2 (5 jours), T3 (7 jours), car toutes les traitements ont été irrigué de la même fréquences de 2 jours

Tableau 8: La durée des stades de croissances en jours .

Les stades	Nombre des jours (2021-2022)		
	T1 fréquence d'irrigation (2 jours)	T2 fréquence d'irrigation (5 jours)	T3 fréquence d'irrigation (7 jours)
Stade levé	12 jours	12 jours	12 jours
Deux feuilles vraies	18 jours	18 jours	18 jours
Quatre feuilles vraies	23 jours	23 jours	23 jours
Six feuilles vraies	33 jours	33 jours	33 jours
Ramification	42 jours	42 jours	42 jours
Panicule	65 jours	64 jours	63 jours
Floraison	90 jours	89 jours	85 jours
Grain laiteux	118 jours	117 jours	115 jours
Grain pâteux	144 jours	135 jours	141 jours
Maturité physiologique	169 jours	165 jours	162 jours
Nombre totale en jours	169 jours	165 jours	162 jours

On comparant la durée du stade floraison pour chaque fréquence d'irrigation on trouve que les plants dans le traitement T3 accélèrent le stade de maturité physiologique en raccourcissent la durée de ce stade. A la fin du cycle, on remarque que les plants dans le traitement T1, ont un cycle long : 169 jours par rapport aux plants dans T2 et T3, la différence est de 3 jours et entre T2 et T3 7 jours entre T1 et T3

On déduit que, durant tous les stades dès le semis jusqu'à la maturité physiologique, les plants de quinoa dans les trois traitements appliqués ont une durée des stades comprises dans l'intervalle de nombre de jours théoriques donné par (FAO, 2013).



Figure 22: les différents stades de croissance de quinoa (Original, 2022)

- **Analyse pollinique :**

L'analyse pollinique des graines a été faite par un microscope **figure 23**. D'après la forme du grain, nous concluons que le quinoa appartient à la famille Amaranthaceae



Figure 23: Présentation microscopique des grains de pollens de quinoa Amarilla sacaca(Originale 2022)

4-2-Effet du stress hydriques sur les caractéristiques morphologiques :

4-2-1 Hauteur moyen de la plante en cm :

La figure 24, montre une différence entre les fréquences d'irrigations et la hauteur des plants.

On remarque la hauteur la plus élevée a été enregistré dans le traitement T1 (28.25cm) , suivi par le traitements T2 avec une hauteur moyenne de (27.72cm), alors que le stress hydrique prolongé (7 jours) a provoqué une diminution de la hauteur pour le traitement T3 (19.15cm).

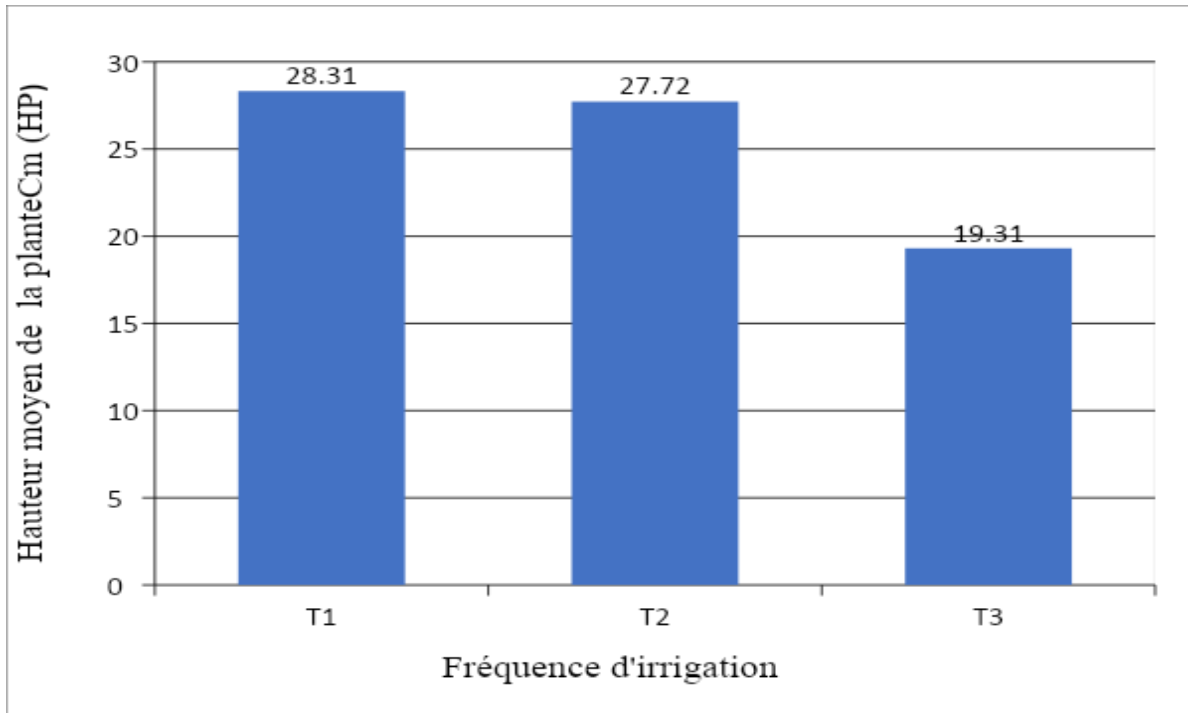


Figure 24: Effet du stress hydrique sur la hauteur moyenne de la plante

L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative (Newman et Keuls 95%) pour l'effet du stress sur la hauteur de la plante, ce test a classé l'effet des fréquences en 2 groupes homogènes le groupe A : T3, groupe B : T 2, et T1.

Nos Résultats sont proches aux résultats de (Rjeibi et al. 2015), qui affirment que le stress hydrique provoqué par les différences de fréquence d'irrigation a diminué la hauteur de la plante

Pour des fréquences de 7 et 12 jours (60,5 et 30,5cm)

Tableau 9: Groupes homogènes fréquence d'irrigation (hauteur des plantes)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
T3	19.150	A	
T1	26.083		B
T2	27.725		B

4-2-2-Nombre des ramifications moyennes par plant

La figure 25, montre une différence entre la fréquence d'irrigations et le nombre de ramification par plants. On remarque que les fréquences d'irrigations dans les traitements T1 (2

jours) et T2(5jours) ont donné les plus grands nombre de ramification (T1=35.5 et T2=32.75cm) par contre le traitement T3(7 jours) a donné les plus petites nombre de ramification (23.75cm).

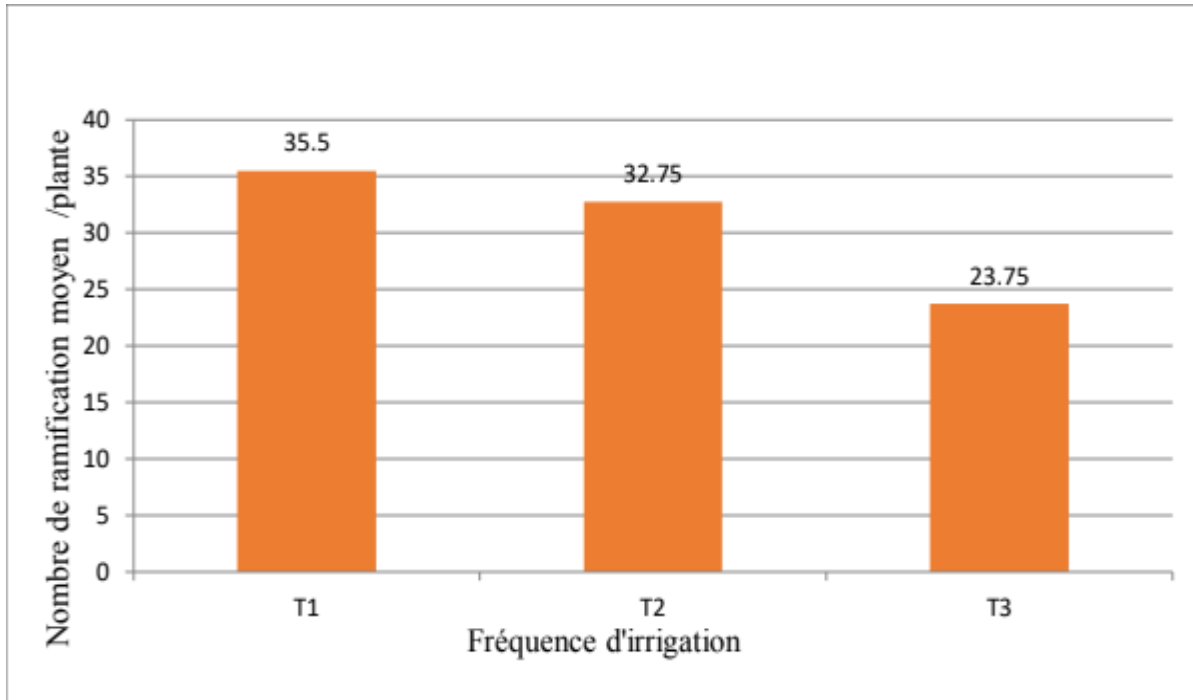


Figure 25: Effet du stress hydriques sur le nombre des ramifications moyen par plan

L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative (Newman et Keuls 95%) pour l'effet du stress sur le nombre des ramifications, ce test a classé l'effet des fréquences en 2 groupes homogènes : le groupe A : T3, groupe B: T2, T1.

Tableau 10: Groupes homogènes fréquence d'irrigation(nombre des ramifications)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
T3	23.750	A	
T2	32.750		B
T1	35.333		B

4-2-3 Le diamètre de la tige moyenne par plant :

La figure 26, montre une différence entre les fréquences d'irrigations et la diamètre par plants. On remarque que le traitement T1 et T2 donné les plus grands pour le diamètre pour (0.7 et 0.6) par contre le traitement T3 a donné le petites nombre de diamètre par plant (0.5)

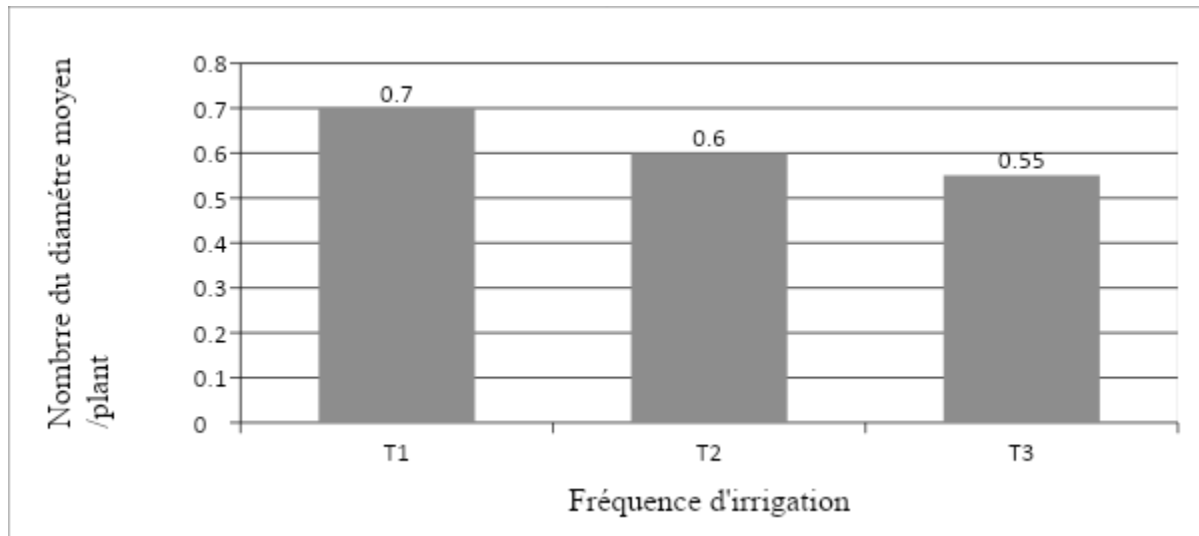


Figure 26: Effet du stress hydriques sur le nombre moyen du diamètre de la tige .

En effet, l'analyse statistique par le teste (Newman et Keuls à seuil 95%) a montrée qu'il n'y a pas une différence significatif entre les traitements.

On remarque que, Le stress hydrique n'a pas un effet sur le diamètre de tige, comme il a été démontré par les résultats de (Rjeibi et al., 2015),

Tableau 11 : Groupes homogènes fréquence d' irrigation (diamètre des plante)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T3	0.550	A
T2	0.675	A
T1	0.767	A

4-2-4-Nombre des panicules par plant :

La figure 27, montre une différence entre les fréquences d'irrigations et le nombre de panicule par plants. On remarque que le traitement T1 irriguées par des fréquences rapprochées 2jours a donné les plus grands nombre de panicule pour T1et T2 respectivement (13.75 suivie par T2 : 12,5 par contre le traitement T3 irriguées par des fréquences plus grandes de 7 jours a donné les plus petites nombre de panicule (8.25)

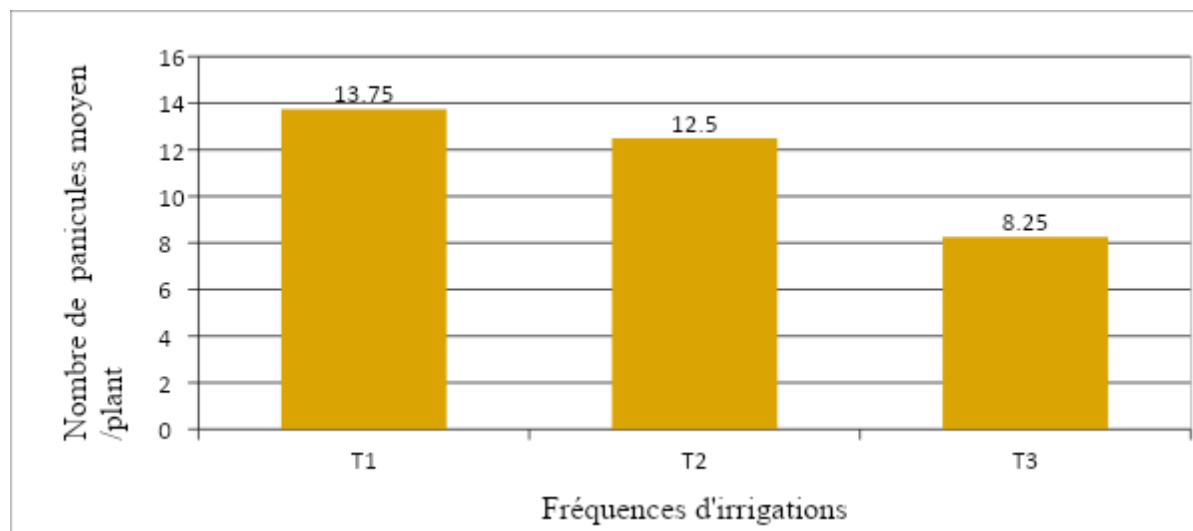


Figure 27: Effet du stress hydrique sur le nombre des panicules moyen par plant

Mais, l'analyse statistique par le teste (Newman et Keuls à seuil 95%) a montrée qu'il n'y a pas une différence significatif entre les traitements.

Tableau 12: Groupes homogènes fréquence d'irrigation (nombre des panicules)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T3	8.250	A
T1	11.667	A
T2	12.500	A

4-2-5 Le poids moyen de la panicule principale :

La figure 28, montre une différence entre les fréquences d'irrigations et poids de la panicule principale par plants. On remarque que le traitement T1 et T2 ont donné les plus grands pour poids de la panicule principale respectivement : 1.91g et 0.85g par contre le traitement T3 a donné le petit poids de la panicule principale (0.55g).

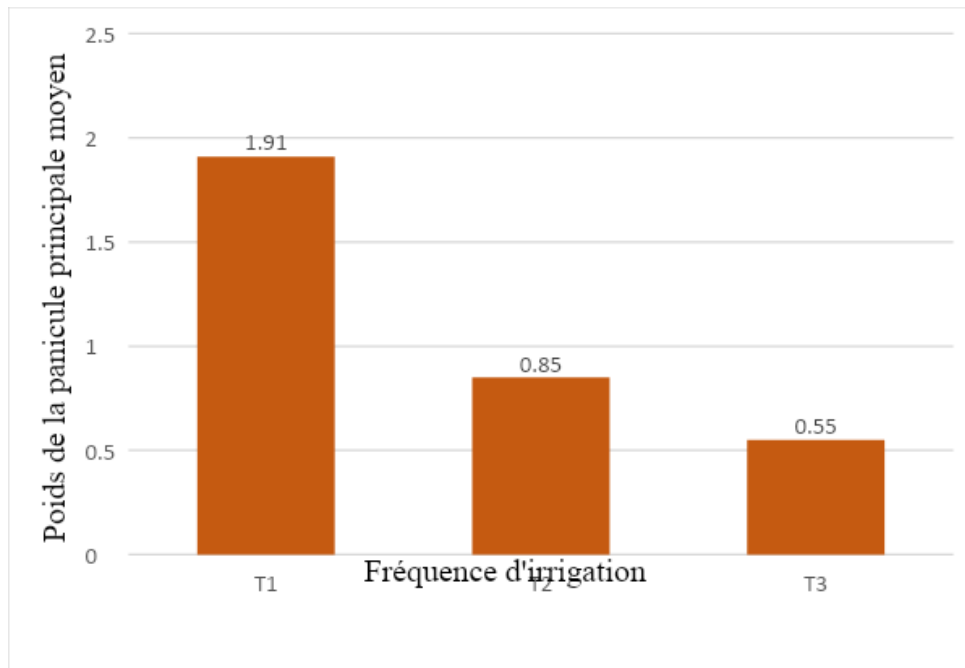


Figure 28: Effet du stress hydrique sur Poids de la panicule principale moyenne par plant .

L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative (Newman et Keuls 95%) pour l'effet du stress sur la poids de la panicule principale moyen de la plante, ce test a classé l'effet des fréquences en 3 groupes homogènes le groupe A : T3, groupe B : T 2, et le groupe C : T1.

Tableau 13: Groupes homogènes fréquence d' irrigation (Poids de la panicule)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
T3	0.555	A		
T2	0.855		B	
T1	1.880			C



Figure 29: Culture de Quinoa au stade de maturation site Biskra(Originale, 2022)

4-2-6Le poids de 1000 grains (PMG en g) :

D'après la figure 30, on trouve que l'effet de la fréquence d'irrigation a diminué le poids de 1000 grains, la plus faible valeur est observé dans le traitement irrigués par des fréquences de 7 jours T3 : 1.81g

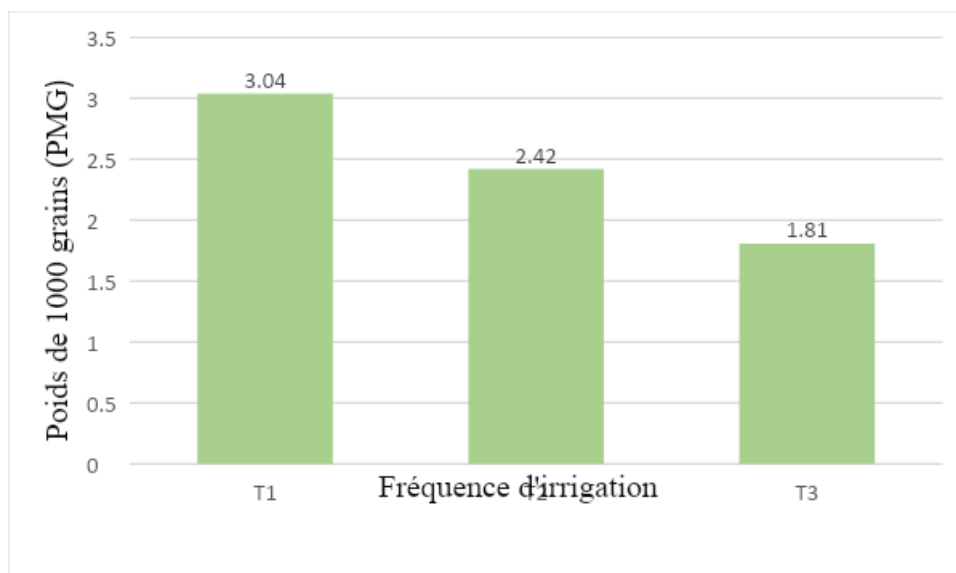


Figure 30: Effet du stress hydrique sur le poids de 1000 grains

L'analyse statistique, a montré qu'il y a une différence significative pour l'effet du stress sur le poids de 1000 grains. Le test (Newman et Keuls à seuil 95%) a classé l'effet de traitement pour PMG en 03 groupes A, B, et C. Le groupe A correspond au T3 qui caractérise le plus haut poids de 1000 grains avec la moyenne (1.813g), le groupe B présente le traitement T2 avec une moyenne de (2,42 g), tandis que, le dernier groupe C au traitement T1 avec un poids de 1000 grains de (3.033g).

Nos résultats sur les valeurs du poids de 1000grain sont proches aux résultats trouvés par (KHALED, 2019) ou leurs valeurs de PMG (3.03 g) pour la variété amrilla sacaca cultivées la région de OUED SOUF

Tableau 14: Groupes homogènes fréquence d'irrigation (PMG en g)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
T3	1.813	A		
T2	2.425		B	
T1	3.033			C

4-2-7 La biomasse:

4-2-7-1-Matière sèche aérienne :

La figure 31 montre une différence entre les fréquences d'irrigations et poids de matière

sèche aérienne. On remarque que le traitement T1 et T2 ont donné les plus grands pour poids de matière sèche aérienne avec (4,83g et 3,97g) par contre le traitement T3a donné le petites poids de sèche aérienne de (3,24g).

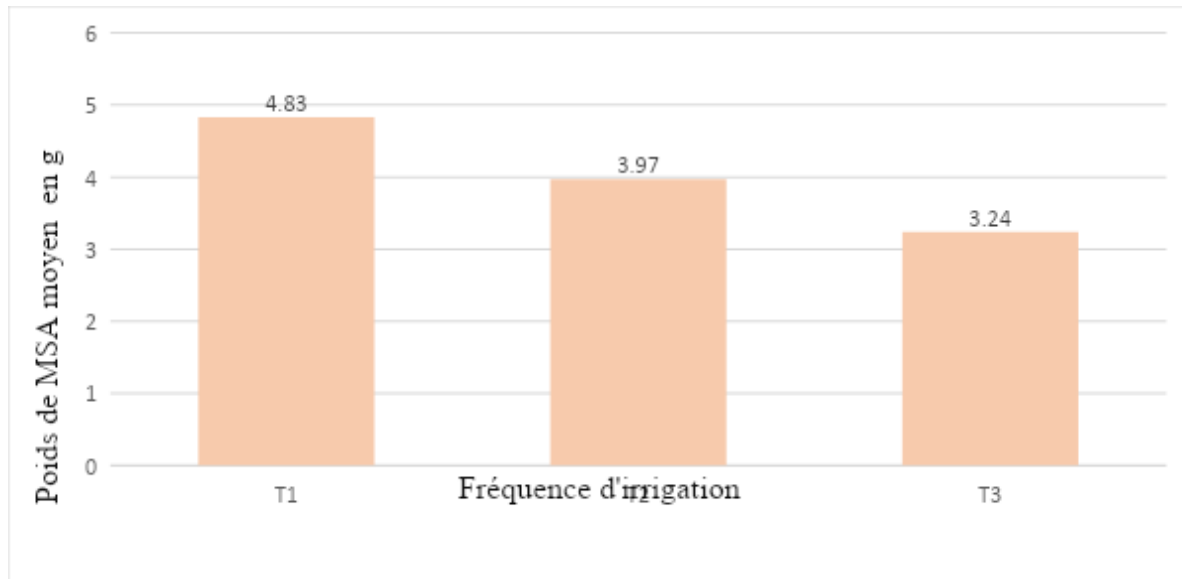


Figure 31: Effet du stress hydrique sur la production de matière sèche aérienne moyens (g)

En effet, l'analyse statistique par le teste (Newman et Keuls à seuil 95%) a montrée qu'il n'y a pas une différence significatif entre les traitements.

On remarque que le stress hydrique prolongé de 7 jours a provoqué une diminution nette de la matière sèche aérienne

Comme il a été trouvés par les résultats de Rjeibi et al (2015)

Tableau 15: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (BA)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T2	3.970	A
T1	4.777	A
T3	10.740	A

4-3 - Effet du stress hydrique sur l'analyse minérale (Na⁺ et K⁺) Au niveau des feuilles :

4-3-1- Les valeurs moyenne du Na⁺ au niveau les feuilles :

D'après la figure 32, on observe que le traitement T1 a donné la meilleure valeur moyenne du Na^+ dans les feuilles (3.13meq/l), suivi par le traitement T2 (3.1meq/l), alors que la faible valeur moyenne a été enregistré chez le traitement T3 (3.05meq/l).

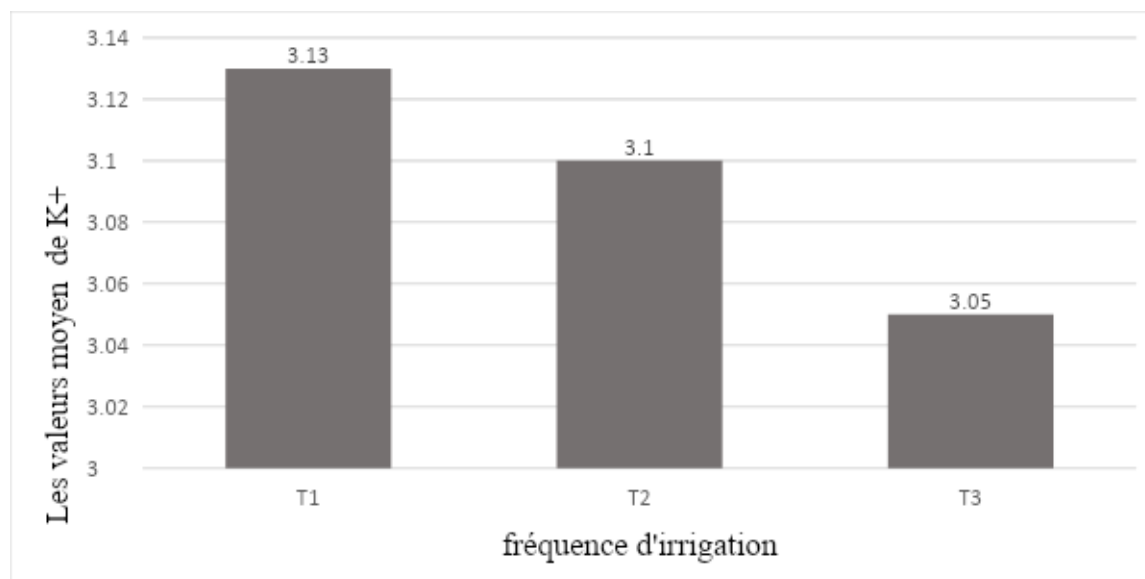


Figure 32: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (BA)

En effet, l'analyse statistique par le teste (Newman et Keuls à seuil 95%) a montrée qu'il n'y a pas une différence significatif entre les traitements.

Tableau 16: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (Na^+)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T3	3.050	A
T2	3.100	A
T1	3.123	A

4-3-2- Les valeurs moyen du K^+ au niveau les feuilles:

D'après la figure 33, on observe que le traitement T1 a donné la meilleur valeurs moyenne du K^+ dans les feuilles (30.68meq/l), suivi par le traitement T2 (30.03meq/l), alors que le faible valeur moyenne a été enregistré chez le traitement T3 (29.81meq/l).

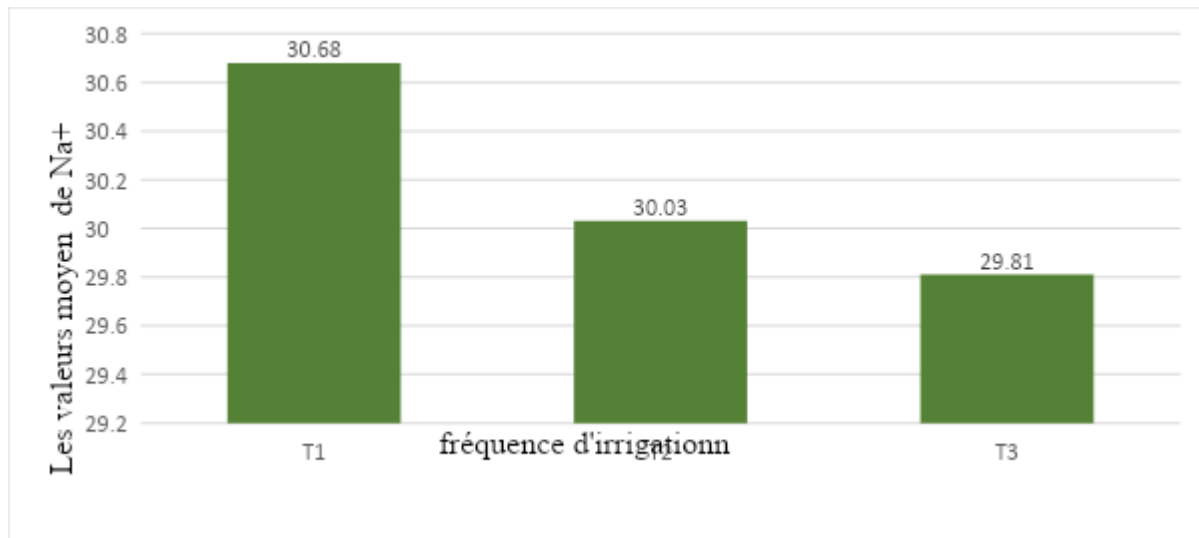


Figure 33: Les valeurs moyen du K⁺ (méq/l) au niveau les feuilles .

En effet, l'analyse statistique par le test (Newman et Keuls à seuil 95%) a montrée qu'il n'y a pas une différence significatif entre les traitements.

Tableau 17: Groupes homogènes Fréquence d' irrigation (K⁺)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
T3	29.815	A
T2	30.030	A
T1	30.117	A

Le quinoa est une plante herbacée annuelle de la famille de l'amarante bien adaptée aux différentes conditions environnementales en raison de sa diversité génétique.

En plus de ces propriétés, la haute valeur nutritionnelle des grains de quinoa fait également de cette plante une culture importante pour la sécurité alimentaire. Ces dernières années, le quinoa a reçu de plus en plus d'attention dans le monde entier et sa culture a commencé à se répandre dans de nombreux pays d'Europe, d'Afrique et d'Asie.

D'après les résultats trouvés lors de notre expérience quelques aspects importants ont été révélés le comportement de cette culture dans notre région.

L'analyse de l'ensemble des paramètres étudiés permet de tirer les conclusions suivantes:

- Concernant les caractères phénologiques :
 - Les plants T3 et T2 soumis à stress prolongé (7 jours) lors de la formation de la panicule ont un cycle court : 162, 165 jours comparativement aux plants irrigués avec des durées de fréquences courtes T1.
- Concernant les caractères morphologiques
 - L'effet du stress hydrique sur le stade de floraison a un effet significatif sur la réduction de la taille des plants, le nombre de ramifications par plants.
- Concernant les caractères de production
 - Le PMG est un composant important pour le rendement, l'effet du stress hydrique appliqué sur la période de floraison a influencé le poids de 1000 grains pour les plants T3 et T2 : 1,81 g, 2,42 g comparativement aux plants non stressés : 3,04g

Enfin, il est intéressant de préciser que la différence de rendement et de biomasse pour les plants stressés sévèrement T3 et T2 est due principalement au stress hydrique appliqué au stade de floraison et remplissage des grains, qui sont les stades les plus sensibles au stress hydrique et thermique comparativement aux autres stades.

On conclut que, malgré les conditions du stress (sécheresse et salinité,...), la plante montre certaine résistance due à sa rusticité.

L'encouragement de l'introduction de cette culture dans notre milieu reste à améliorer par l'étude de comportements à des différentes dates de semis, ainsi que l'application du stress hydrique durant autres phases de cycle de la culture.

Références bibliographique

-A-

1. **ATTIA F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement écophysologique et la maturité phénologique de la vigne(*Vitisvinifera*L.): Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrenées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p

-B-

2. **BOUCHABKEO.,TARDIEUF.&SIMONNEAUT.,2006.**Leafgrowthandtur gor in growing cells of maize (*Zea mays* L.) respond to evaporative demand un dermoderateirrig at ionbutnotin water-saturated soil. *Plant Ce/land Environment*, 29(6):1138-1148
3. **Brack Egg A.,(2003).**perú:diez mil anos de domesticación .Lima:Editorial Bruno.

-C-

4. **CHIARA.C,CAMILLA.M,BIANCA.M,CINZIA.S,EUGENIO.S,** **2013.**Quinoainthekitchen.Ed;G.CanaleetC.Spa,BorgaroTorpinèse(Turin).Itali e,95P.
5. **Catacora G.A.,(1977).**Determinacióndelcariotipo de 05 líneas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).Thesis:UniversidadNacionaldel Altiplano ,puno(perú)
6. **CHAVES M.M., PEREIRA J.S., MARCO J., RODRIGUES M.L., RICARDOc.P.P., OSORIO M.L., CARVALHO 1., FARIA T. &**

PINHEIRO C ., 2002. How plants cope with water stress in the field.
Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89:907-916.

-D-

7. **Del Castillo C., Mahy G., Winkel T., 2008.** La quinoa en Bolivie: une culture ancestrale devenue culture de rente " bio-équitable ". *Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Bolivie* . Pp :421 -435

-F-

8. **FAO 1985** Water quality for agriculture *FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER* 29 REV.186P.
9. **FAO Report 2013.** Food Outlook; Biannual Report on Global Food Markets.
June 2013. Ed; FAO Rome. Italie. P 61.
10. **FAO., 2011** . *Quinoa An ancient crop to contribute to world food security. Latin America and the Caribbean, Pp:3-14.*

-H-

11. **Herbillon M., 2015.** Le Quinoa Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. thèse de doctorat en pharmacie. Université de Rouen u.f.r de médecine et de pharmacie. France, Pp: 27-50
12. **HOPKIN W.G., 2003** – Physiologie végétale – traduction de la 2^{ed.} américaine par serge

-I-

13. **ITDAS, 2014.** Protocole expérimental Quinoa Adrar. Ed; ITDAS Biskra Algérie, 15 P

-G-

14. **Gandarillas H.,1979**. La quinua (Chenopodium quinoa Willd.):Genética y origen.In: La Quinua y la Kaniwa cultivos andinos. Tapia, ME .,Ganaarillas, H.,Alandia,S .,Cardozo,A.,
15. **Gandarillas H.,(1979b)**.La quinua (Chenopodium quinoa Willd):Genética y origen .In:Tapia M.E. et al .,eds.La Quinua y la Kaniwacultivosandinos. Bogota:CIIDIICA,45-64

-K-

16. **KRAMER J.P. & BOYER J.S., 1995**. Water Relations of Plants and Soils *AcademiePress, Inc. A Division of Harcourt Brace &Company 525 B Street, Suite 1900, SanDiego, California92101-4495:482p.*

-L-

17. **LEBON E., 2006**. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. *INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux,4p*
18. **Lebonvallet S.,2008**. Implantation du quinoa et simulation des cultures sur l'altiplano bolivien., thesede doctorant, Pp:246.

-M-

19. **Mujica A., Canahua Y., 1989**- Fases Fenológicas del Cultivo de la Quinua. (Chenopodium quinoa Willd.). Curso Taller. Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica. Salcedo, 7-10 Agosto, Puno-Perú. INIAA
20. **Mujica A., Izquierdo J., Marathe J.P., 2001**. Origen y descripción de la quinua. Quinoa(Chenopodium quinoa Willd.):ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro

21. **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

-P-

22. **Pulido ,J.O.(2006)**. Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región Andina AVANCES Investigación en Ingeniería. 5, 86-97
Passioura J. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce—from breeding to field management. *Agricultural Water Management* 80(1-3): 176-196

-R-

23. **Rayn J., Estefan G et Abdul R., 2001**. Soil and plant Analysis laboratory Manual. Ed., ICARDA
24. **Repo Carrasco R., Espinoza C. and Jascobsen ,S.E.(2003)**. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*. Vol. 19, Nos. 1&2, 179-189
25. **Reyes Montano, E.A., Ávila Torres, D.P and Guevara**
26. **Repo carrasco Valencia, R. and Serna L.A.(2011)**. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional component . "Ciencia e Tecnologia de Alimentos .19(1), 225-230
27. **Rejeibi. W, Kahlaoui .B et Hachicha. M. 2015**. effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa Éditions universitaires européennes .149p

-S-

28. **SON DIAKALIA, 2010**. effet du stress hydrique sur la croissance et la production du sésame (*Sesamum indicum* L.). Pp 07-10.

-T-

29. **Tapia M.E., 2002.** Cultivos, andinos.subexptotados y su aporte a. la alimentaciôn.In: cultivosAndinos. CD-Rom, versiôn1.0.FAO,UNA-Puno,CIP. Santiago, chile. transfert de technologie enagriculture.
30. **Touati I., 2018-** Etude de potentiel de croissance et de production de plusieursvariétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) sous les conditions arides de sud del'Algérie(CasdeOuargla).UniversiteKasdimerbah.Ourgla,p:6-48-54-56-60.
31. **Tapia M.E.,Gandarillas H.,AlandiaS.,CardozoA.,MujicaA.,Ortiz R., Otazu V., Rea J ., SalasB.,ZanabriaE.,(1979).** Laquinuay la Kaniwa: cultivosandinos.In:Tapia,M.(Ed).Serielibros y materiales educativos 49.IICA,CIID.Bogota,Colombia.228p.
32. **Tapia,M.andFries,A.M.(2007).**Guía de Campo de CultivosAndinos.FAO et ANPE.P74.

-W-

33. **Wilson H.D.,(1988a).**Allozyme variation and morphological relationship of *Chenopodiumhircinum* (s.l).Syst. Bot.,13,215-228.
34. **WilsonH.D.,(1988b).**Quinuabiosystematics.I:Domesticatedpopulation.Econ .Bot .,42,461-477.
35. **Wilson H.D .,(1988c).**Quinuabiosystematics.II:Free-livingpopulations.Econ .Bot.,42,478-494.

-Y-

36. **Yazar A., İnce Kaya C., 2014.** A New Crop for Salt Affected and Dry AgriculturalAreasofTurkey:Quinoa(*ChenopodiumquinoaWilld.*).ÇukurovaUn iversity.Adana.Turkey.Vol(2).,Pp:1440-1446
37. WWW.Researchgate.net.2008.Lequinoaen

Bolivie: Une culture ancestrale devenue culture d'exportation

38. (www.lemondeduquinoa.fr).
39. <http://studylibfr.com/doc/3022031/lescultures-alternatives->
40. www.researchgate.net

Résumé

ce travail, a été mené dans des pots expérimental , il a été conduit durant l'année 2022 au département des sciences agronomiques à l'université Mohamed khider Biskra.

Le but de cette expérimentation est d'évaluer et étudier, l'effet du stress hydrique sur les caractères phénologiques, morphologiques et productives d'une variété du quinoa (amarilla sacaca)

L'irrigation est réalisée par trois fréquences d'irrigations différentes (2jours/5jours/7jours)

Les résultats ont montres que le stress hydrique de 7 jours (T3) a provoqué une diminution de la taille de la culture, le nombre de panicule ainsi le poids de 1000grains et enfin le poids de la matière sèche aérienne

Malgré ce stress hydrique prolongé, la variété de quinoa amrellla a montré une certaine tolérance au stress hydrique par son adaptation aux conditions du milieu.

Mots clés : quinoa, stress hydrique , pots , fréquence. Irrigation

Abstract

This work was carried out in experimental pots; it was conducted during the year 2022 at the department of agronomic sciences at the University Mohamed khider Biskra. This experiment aims to evaluate and study the effect of water stress on the phenological, morphological, and productive characteristics of a variety of quinoa (amarella sacaca). Irrigation is carried out by three different irrigation frequencies (2 days/5 days/ 7 days). The results showed that the water stress of 7 days (T3) caused a decrease in the size of the culture, the number of panicles as well as the weight of 1000 grains, and finally, the weight of the aerial dry matter.

Despite this prolonged

water stress, the amrella quinoa variety showed a certain tolerance to water stress through its adaptation to environmental conditions.

Keywords: quinoa, water stress, pots, frequency. Irrigation

ملخص

نفذ هذا العمل في أواني تجريبية ، وأجري خلال عام 2022 بقسم العلوم الزراعية بجامعة محمد خضر بسكرة الغرض من هذه التجربة هو تقييم ودراسة تأثير الإجهاد المائي على الصفات الفينولوجية والمورفولوجية والإنتاجية لمجموعة متنوعة من الكينوا (أماريلا ساكاكا)

يتم الري بثلاث ترددات ري مختلفة (2 يوم / 5 أيام / 7 أيام)

تسبب في انخفاض حجم المزرعة وعدد العناقيد الزهرية وكذلك وزن (T3) أظهرت النتائج أن الإجهاد المائي لمدة 7 أيام 1000 حبة وأخيراً وزن المادة الجافة الهوائية

على الرغم من هذا الإجهاد المائي المطول ، أظهر صنف أمريلا كينوا تحملاً معيناً للإجهاد المائي من خلال تكيفه مع الظروف البيئية

الكلمات المفتاحية: الكينوا ، الإجهاد المائي ، الأواني ، التردد. الري