



Université Mohamed Khider de 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. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Mr.GHOLASSA Mohamed

Le : mardi 2 juillet 2019

Effet de stress hydrique sur les paramètres de croissance et production pour quelques variétés de quinoa dans la région de Biskra

Jury :

Dr. GUIMEUR K	MCA	Université de biskra	Président
Mme. KESSAI A	MAA	Université de biskra	Rapporteur
M. BENSMAINE	MAA	Université de biskra	Examineur

Annexes

Tableau N° 1: Analyse de la variance

Hauteur de la plante

Pr > F	F	Moyenne des carrés	Somme des carrés	DDL	Source
< 0.0001	54.200	456.182	5018.000	11	Modèle
		8.417	202.000	24	Erreur
			5220.000	35	Total corrigé

nombre des ramifications moyen par plant

Pr > F	F	Moyenne des carrés	Somme des carrés	DDL	Source
< 0.0001	13.405	21.970	241.667	11	Modèle
		1.639	39.333	24	Erreur
			281.000	35	Total corrigé

nombre des panicules par plant

Pr > F	F	Moyenne des carrés	Somme des carrés	DDL	Source
< 0.0001	15.142	17.117	188.286	11	Modèle
		1.130	26.000	23	Erreur
			214.286	34	Total corrigé

Le poids de 1000 grains

Pr > F	F	Moyenne des carrés	Somme des carrés	DDL	Source
< 0.0001	63.367	2.834	31.171	11	Modèle
		0.045	1.073	24	Erreur
			32.244	35	Total corrigé

Rendement grains moyen

Pr > F	F	Moyenne des carrés	Somme des carrés	DDL	Source
< 0.0001	104.380	11.099	122.084	11	Modèle
		0.106	2.552	24	Erreur
			124.635	35	Total corrigé

Biomasse aérienne moyenne

Pr > F	F	Moyenne des carrés	Somme des carrés	DDL	Source
< 0.0001	96.226	360.304	3963.341	11	Modèle
		3.744	89.864	24	Erreur
			4053.205	35	Total corrigé

Liste des abréviations

V1	Q12
V2	biji de panicule
V3	santa maria
%	Pour cent
° 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	Litre.
M	Mètre.
MADRPM	Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes.
Mm	Millimètre.
ml	Millilitre.
N°	Nombre
Ph	Potentiel d'Hydrogène.
Qx	Quintaux.
tn	Tonnes

Sommaire

Remerciements

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I : Généralités et importance du Quinoa

1.1 Historique et origine	2
1.2 L'aire de répartition.....	3
1.3 Position systématique	4
1.4 Morphologie :	4
1.5 Génétique et diversité du quinoa	7
1.6 Importance du quinoa	8
1.6.1 Importance nutritionnelle.....	8
1.6.2 Importance économique.....	13
1.7 Utilisations	15

Chapitre 2 : Stress hydrique

2.1 Stress hydrique	17
2.2 Effet du stress sur sur la croissance vegetative et la production	17
2.3 Besoin en eau de la culture de quinoa	17

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3.1 Objectif :	19
3.2 Site d'expérimentation	19
3.3 Caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation.....	20
3.4 Materials et techniques utilisé	21
3.5 Dispositif expérimental	21

3.6 Paramètres étudiées	23
3.7 Identification des stades :	24
3.8 Mesures et Observation	25
Analyses statistique.....	25

Chapitre 4 : Résultat et discussions

4. Effet du stress sur les caractéristiques phénologiques.....	26
4.1. Hauteur de la plante en cm.....	28
4.2 nombre des ramifications moyen par plant	30
4.3 nombre des panicules par plant :	32
4.4. Le poids de 1000 grains (PMG en g) :	34
4.5. Rendement grains moyen	36
4.6. Biomasse aérienne moyenne en g.....	39

Conclusion

References bibliographique

Annex

Liste des tableaux

Tableau 1. Résultats des analyses du sol.	20
Tableau 2. Résultats des analyses de l'eau d'irrigation.	20
Tableau 3. Test de germination.....	24
Tableau 4 . identification des stades phénologiques du quinoa.. (ITDAS, 2019).....	24
Tableau 5: La durée des stades phénologiques en jours Pour V3.....	26
Tableau 6. La durée des stades phénologiques en jours Pour V1 et V2	27
Tableau 7: Groupes homogènes dose de irrigation (hauteur des plantes)	29
Tableau 8. Groupes homogènes de variétés (hauteur des plantes)	29
Tableau 9. Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés	30
Tableau 10. Groupes homogènes dose de irrigation (nombre de ramifications)	31
Tableau 11. Groupes homogènes de variétés (nombre de ramifications).....	32
Tableau 12. Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (nombre de ramifications)	32
Tableau 13. Groupes homogènes dose de irrigation (nombre des panicules).....	33
Tableau 14. Groupes homogènes des variétés (nombre des panicules).....	34
Tableau 15: Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (nombre des panicules).....	34
Tableau 16 . Groupes homogènes dose de irrigation (pgm en g)	35
Tableau 17. Groupes homogènes de variétés (PMG en g).....	36
Tableau 18 . Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (pgm en g).....	36
Tableau 19. Groupes homogènes dose de irrigation (Rendement grains).....	37
Tableau 20. Groupes homogènes de variétés (Rendement grains)	38
Tableau 21. Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (Rendement grains)	38
Tableau 22: Groupes homogènes dose de irrigation (BA).....	40
Tableau 23 : Groupes homogènes de variétés (BA)	40

Tableau 24: Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (BA).....	41
---	----

Liste des figures

Figure 1: Distribution géographique de la culture traditionnelle de la quinoa en Amérique du Sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture) (d'après National Research Council, 1989).....	3
Figure 2. Teneurs en protéines du quinoa et d'autres aliments (pour 100 g du poids sec). (FAO,)	9
Figure 3. teneurs en lipides du quinoa et d'autres aliments (pour 100 g du poids sec).	11
Figure 4. teneurs en sels minéraux du quinoa et d'autres aliments (en milligrammes pour 100 gramme du poids sec). (FAO,2013)	12
Figure 5. teneur en vitamines du quinoa et d'autres céréales (en mg/100g du poids sec). (FAO,2013).....	13
Figure 6. la production du quinoa dans les principaux pays producteurs (2000/2014). (FAO)	14
Figure 7 . Site expérimental (photo originale)	19
Figure 8. Graines des variétés de quinoa utilisées	21
Figure 9 : Schéma du dispositif expérimental.....	22
Figure 10: Site expérimentale	23
Figure 11: Effet du stress sur la hauteur moyenne de la plante	28
Figure 12: Effet du stress hydrique sur le nombre des ramifications moyen par plan	31
Figure 13. Effet du stress hydrique sur le nombre des panicules moyen par plan.....	33
Figure 14. Effet du stress hydrique sur le poids de 1000 grains (PMG en g).....	35
Figure 15. Effet du stress sur le rendement grains.....	37
Figure 16. La Biomasse aérienne moyenne en g	39

Introduction

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), est une pseudo-céréale originaire des Andes

Est considéré comme un aliment de base des populations entre 3000 et 5000 ans. Le développement technique du quinoa était bien avancé et réparti surtout le territoire des Incas. Avec l'arrivée des Espagnols, cette culture fut remplacée par les céréales Elle caractérisée pour son adaptation exceptionnelle à des conditions extrêmes de sol et de climat. (FAO, 2016).

Le quinoa est un aliment à valeur nutritionnelle, au vu de sa richesse en matière d'acides aminés essentielles, vitamines et calcium, comme il est dépourvu de gluten, Elle est été Introduite en Algérie en 2014, au titre d'un projet de coopération entre le Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la Pêche et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) dans le cadre de d'adaptation des cultures alternatives

Son introduction dans les régions arides et semi-arides caractérisant principalement par un déficit hydrique vise à assurer la production ce cette culture en tant que culture alternative tout en contribuant à la sécurité alimentaire dans ces régions (ITDAS 2015),

Selon FAO (2016) cette culture est très adaptée aux des différents stress abiotiques comme la sécheresse, la salinité le gel et le vent, grâce à sa variabilité génétique

Ceci justifie l'objectif de notre travail qui vise à évaluer le comportement de trois variétés de quinoa soumises à trois niveaux de stress hydrique

Notre travail s'est articulé comme suit :

- Un première chapitre qui contient des generalités sur la culture du quinoa.
- Un deuxième chapitre : sur le stress hydrique et ses effet ,
- Le troistemme et le quatremme chapitre de ce mémoire est reserveé à l'expérimentation et la discussion des resultas obtenues
- Enfin la conclusion.

Chapitre I : Généralités et importance du Quinoa

Historique et origine

“ Quinoa ” est un mot d’origine quechua désignant une plante annuelle à feuilles triangulaires et panicules composées. Selon les traces archéologiques découvertes dans les grottes d’Ayacucho au Pérou (IN BOULGROUN)

Cultivée dans des milieux aussi divers que le littoral du Pacifique, l’Altiplano central ou les vallées subtropicales des Andes, et maintenant disséminée à travers plus de cinquante pays dans le monde, le quinoa reste néanmoins emblématique des hauts plateaux de Bolivie, d’Équateur et du Pérou. Entre 3.000 et 4.000 m d’altitude, sous des climats arides, froids et venteux, sur des sols pauvres, parfois salins, cette espèce s’est diversifiée en plusieurs dizaines de variétés locales. Sa rusticité et ses qualités nutritionnelles exceptionnelles justifient d’étudier son fonctionnement biologique, et notamment ses mécanismes d’adaptation aux stress multiples, et souvent simultanés, que sont le gel, la sécheresse et les fortes radiations solaires. La compréhension des bases biologiques de cette rusticité peut orienter l’amélioration du quinoa elle-même, mais aussi d’autres productions végétales vers la recherche d’une réduction des besoins en intrants et d’une plus grande tolérance à des conditions écologiques extrêmes (Wilson, 1988). Communément appelé "Riz des Incas", le quinoa produit des grains que l’on récolte après maturation de la fleur d’une plante voisine de l’épinard. (Madrpm, 2005)

Domestiquée il y a 7.000 ans environ dans les Andes, où elle est devenue un aliment de base des populations locales, le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est un bon exemple d’espèce cultivée, longtemps négligée par la recherche agronomique et que ses hautes qualités nutritionnelles ont récemment fait apprécier très au-delà de sa région d’origine

Depuis une quinzaine d’années et principalement en Bolivie, le quinoa est aussi devenue l’objet d’une culture d’exportation à destination des pays du Nord (Europe, États-Unis, Canada, Japon) à la recherche d’aliments à haute valeur nutritive et certifiés “ agriculture biologique ” (Laguna et al., 2006).

L'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 la culture du quinoa est en pleine expansion et on la trouve désormais dans plus de 70 pays. 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, la 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: Distribution géographique de la culture traditionnelle de la quinoa en Amérique du Sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture) (d'après National Research Council, 1989)

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.*

Morphologie :

En ce qui suit nous présentons une description à la morphologie de la plante.

✓ **Plante :**



Source: (VIDAL APAZA *et al*, 2013)

le quinoa est une plante dicotylédone herbacée pouvant atteindre 1 à 3 m de hauteur, autogame, annuelle. (Jacobsen et Stølen, 1993).

✓ **Feuilles :**



Source: (VIDAL APAZA *et al*, 2013)

✓ **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. Il en existe deux types principaux : glomériforme et amaranthiforme et, selon Gandarillas (1968), le type glomériforme serait la forme ancestrale ayant donné le second type par mutation. Les fleurs incomplètes (apétales) et très petites (3 mm au maximum). (Tapia *et al.*, 1979 ; Izquierdo *et al.*, 2001).



Source: (VIDAL APAZA *et al*, 2013)

✓ **Tige :** la tige a une taille comprise entre 0,5 et 1,5 m selon la variété et les conditions de croissance. Selon le développement de la ramification, on trouve des plantes avec une tige principale développée dominant quelques tiges latérales très courtes. La tige, cylindrique au niveau du collet et anguleuse plus haut, contient une moelle de texture tendre chez les jeunes plantes, devenant spongieuse et creuse à

maturité, avec une écorce ferme et compacte, dont la résistance à la grêle semble dépendre de la variété. La couleur de la tige est caractéristique de la variété : verte, orangée, rouge foncé ou pourpre, uniforme ou tachetée. (Gandarillas, 1979b ; Caceres, 1993 ; Mujica *et al.*, 1999).



Source: (VIDAL APAZA *et al.*, 2013)

✓ **Fruit** : le fruit est un akène, de forme cylindrique à lenticulaire, dans lequel l'embryon périphérique entoure le péricarpe central (tissus de réserve) et se trouve couvert par le péricarpe et deux assises tégumentaires (Prego *et al.*, 1998). Leur couleur varie en fonction de la teneur en saponine du péricarpe (2 à 6%). L'embryon occupe 60% du volume de l'endocarpe ce qui donne à la graine une richesse en protéine supérieure à celle de toutes les céréales (Madrpm, 2005).

La graine donne la vaste gamme de couleurs que peuvent présenter les panicules. Il existe trois formes de grain : conique, cylindrique et ellipsoïde. Les bords du grain sont d'une grande valeur taxonomique, car ils sont communément marqués chez les formes cultivées, et plus arrondis chez les sauvages (Tapia *et al.*, 1979 ; Izquierdo *et al.*, 2001 ; Bruno, 2006).



Source: (VIDAL APAZA et al, 2013)

Génétique 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 allotétraploïde (Catacora, 1977 Gandarillas, 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 1 500 mm et une température minimale moyenne de 3° 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 et 800 mm et une température minimale moyenne de 0° C.

- Le quinoa des déserts de sel pousse dans des zones situées à près de 3 000 mètres d'altitude, caractérisées par un volume de précipitations annuel de 250 à 400 mm et 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 est de 5° C.

- Le quinoa des zones subtropicales pousse entre 1 500 et 2 300 mètres d'altitude, dans des zones caractérisées par un volume de précipitations annuel allant de 1 000 à 2 000 mm et une température minimale moyenne de 7° 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.

Importance du quinoa

Le Quinoa est connu pour:

Sa capacité d'adaptation à des conditions climatiques variées : Les différentes variétés peuvent être cultivées à des températures allant de -4 à 35 degrés C et du niveau de la mer jusqu'à 4000 m d'altitude. (National Research Council, 1989)

Sa rusticité : Certaines variétés résistant à la sécheresse et à la salinité peuvent être produites dans des conditions difficiles. Sa culture en régions de montagne comme en zones de plaine. (Tapia, and Fries, 2007).

Ses faibles coûts de production.

Sa nature écologique : Sa grande adaptabilité aux variations climatiques et son utilisation rationnelle de l'eau en font une excellente culture alternative face au changement climatique. (Mujica A. et al., 2001).

Ses vertus diététiques : d'après Vega-Galvez (2010) Le quinoa est un aliment sain en vertu de sa haute valeur nutritionnelle. Ce qui le distingue des autres aliments végétaux (légumes mis à part) est sa haute teneur en protéines. En outre, il contient tous les acides aminés essentiels, est riche en minéraux, vitamines, acides gras et autres nutriments.

Importance nutritionnelle

Le quinoa est un aliment nutritif il fournit de nombreux nutriments. Du point de vue nutritionnel, il apporte autant d'énergie que les aliments utilisés de façon

similaire, comme les haricots, le maïs, le riz ou le blé. Le quinoa est en outre une source importante de protéines de qualité supérieure à celles de la plupart des céréales d'acides gras polyinsaturés. Il contient aussi davantage d'acides aminés essentiels que d'autres plantes comestibles. Le quinoa est une source importante d'énergie et de fibres alimentaires et il a une teneur élevée en sels minéraux – fer et zinc notamment. (Fao, 2013).

▪ Protéines

La teneur en protéines du quinoa est comprise entre 10,4 et 17 % de la partie comestible, selon la variété.(Reyes Montaña et *al.*, 2006). Le quinoa contient davantage de protéines que la plupart des céréales (Figure 02), mais il se distingue surtout par la qualité de ses 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).

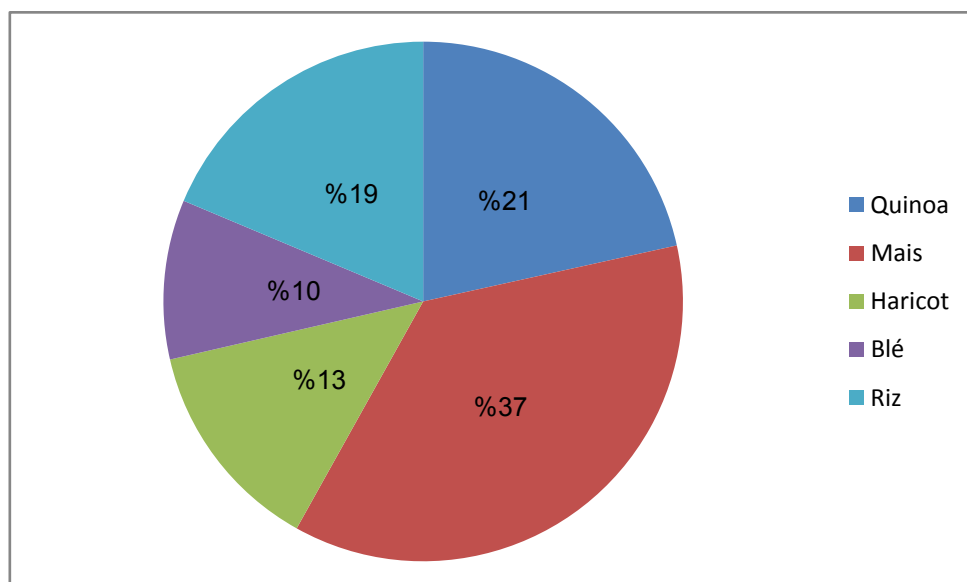


Figure 2.Teneurs en protéines du quinoa et d'autres aliments (pour 100 g du poids sec).(FAO,)

▪ **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).

▪ **Lipides**

Les lipides sont une source importante de calories et facilitent l'absorption des vitamines liposolubles (Figure 03). Plus de 50 pour cent de l'ensemble des lipides contenus dans le quinoa proviennent des acides linoléiques (oméga 6) et linoléique (oméga 3), deux acides gras polyinsaturés. (Reyes Montaña et *al.*, 2006). Les acides linoléiques et linoléiques sont considérés comme des acides gras essentiels car l'organisme ne peut les synthétiser. Il a été démontré que la grande quantité de vitamine E – antioxydant naturel – présente de façon intrinsèque dans le quinoa empêchait les acides gras de cet aliment de se détériorer. (Ng, S., Anderson et *al.*, 2007).

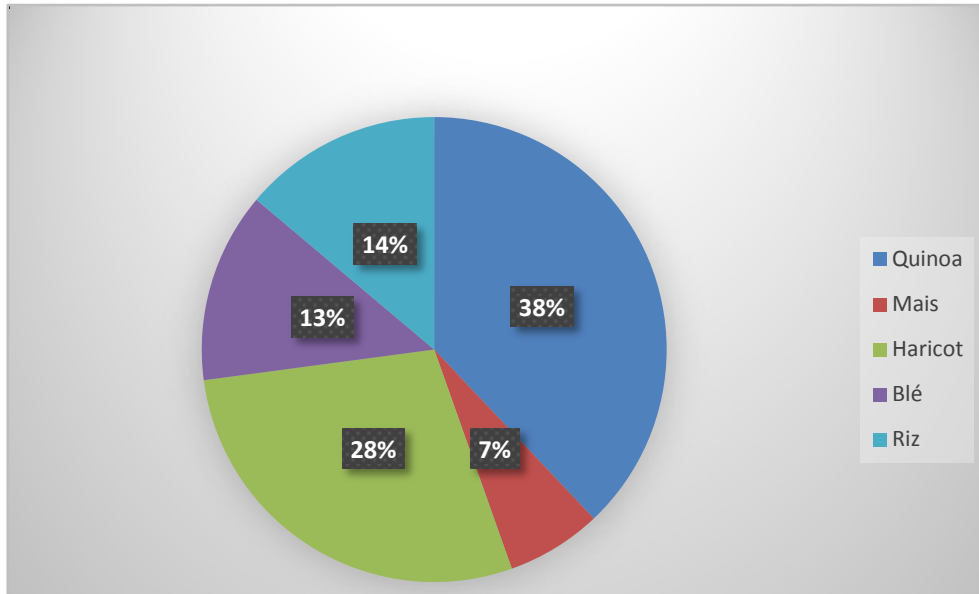


Figure 3. teneurs en lipides du quinoa et d'autres aliments (pour 100 g du poids sec).

▪ Sels minéraux

En moyenne, le quinoa contient davantage de sels minéraux comme la plupart des céréales, (Figure 04).

En particulier, il est une source importante de fer, de magnésium et de zinc. Les carences en fer figurent parmi les déficits nutritionnels les plus courants. Toutefois, le quinoa est semblable à tous les autres aliments d'origine végétale sur un point: il renferme des éléments non nutritifs qui peuvent réduire sa teneur en sels minéraux et entraver l'absorption de ces derniers. Il s'agit essentiellement des saponines, qui se trouvent dans la pellicule recouvrant la graine de quinoa et sont généralement éliminées au cours du processus de transformation en raison de leur goût amer. En outre, le quinoa contient une grande quantité d'ions oxalate, qui peuvent s'associer à des sels minéraux comme le calcium et le magnésium et réduire leur absorption par l'organisme. (Siener et *al.*, 2006).

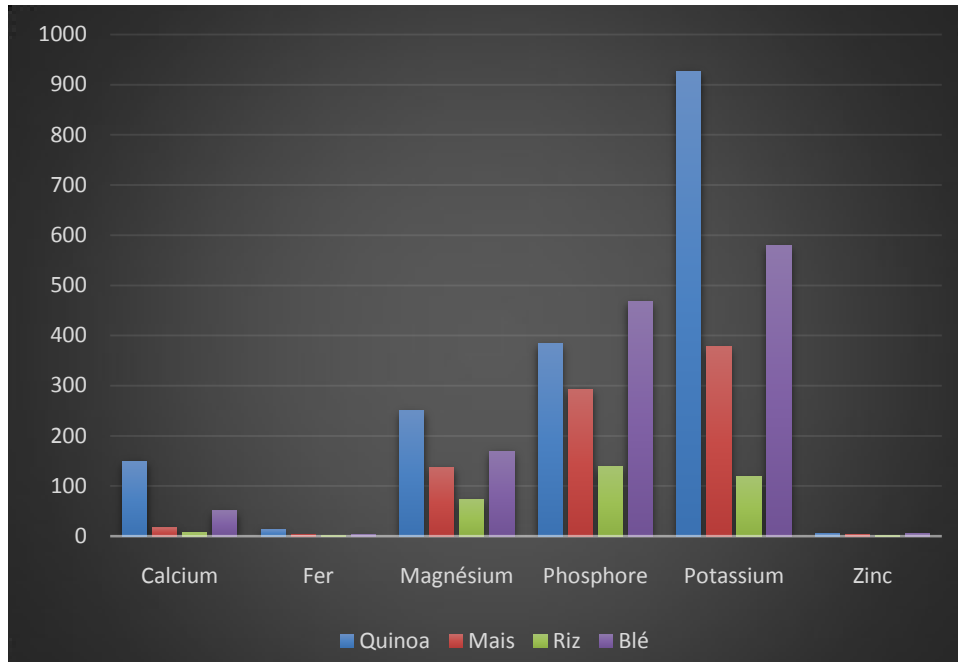


Figure 4.teneurs en sels minéraux du quinoa et d'autres aliments (en milligrammes pour 100 gramme du poids sec).(FAO,2013)

▪ Vitamines

Comparé à d'autres céréales, le quinoa est une bonne source de vitamines B (riboflavine) et d'acide folique; il contient une quantité comparable de thiamine, mais moins de niacine (figure 05). C'est aussi une excellente source de vitamines E, bien que leur quantité diminue après la transformation et la cuisson. En général, la teneur en vitamines du quinoa ne diminue pas lorsqu'on enlève les saponines, car les vitamines ne se situent pas au niveau du péricarpe de la graine de quinoa (Koziol, 1992).

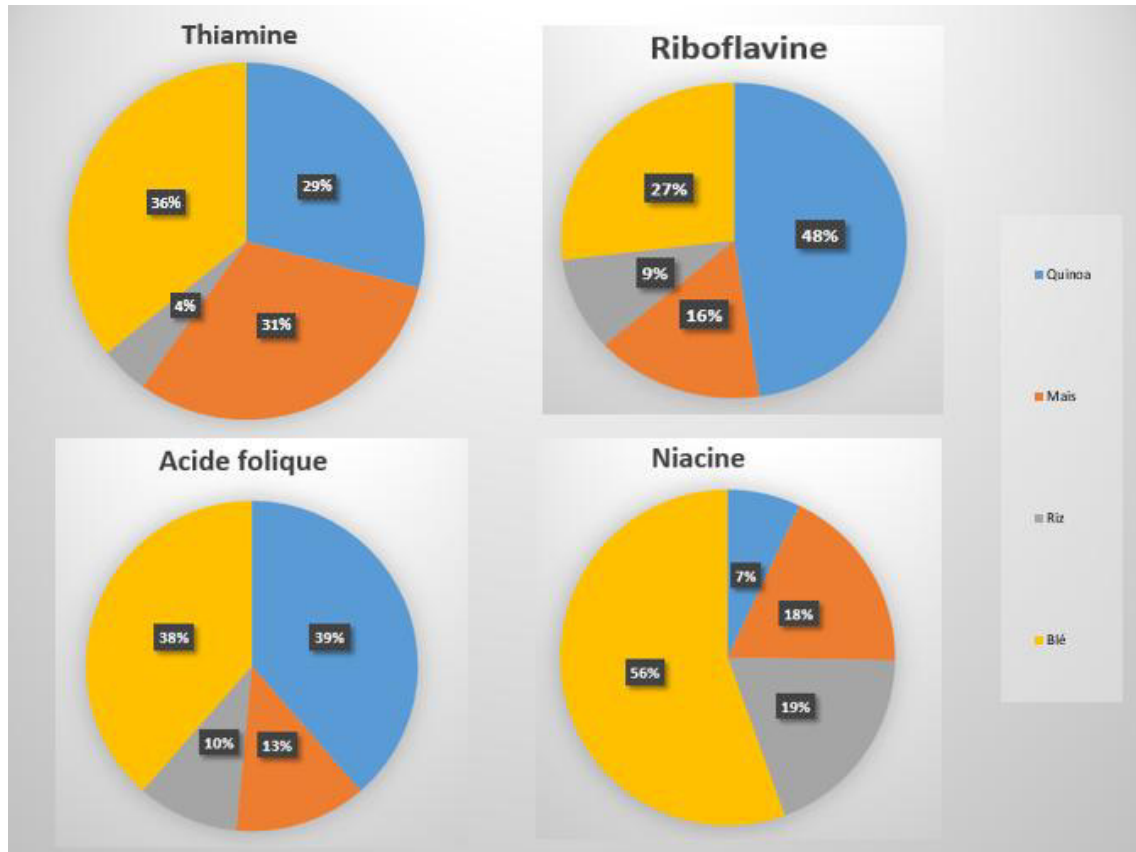


Figure 5.teneur en vitamines du quinoa et d'autres céréales (en mg/100g du poids sec). (FAO,2013)

Importance économique

❖ Dans le monde :

La production mondiale de quinoa, la zone de production la plus importante se trouve en Bolivie, au Pérou et en Équateur. Les possibilités de culture de diverses variétés à différentes altitudes et dans des zones climatiques diverses donnent au quinoa un énorme potentiel en matière de sécurité alimentaire. La culture du quinoa est en pleine expansion et on la trouve désormais dans plus de 70 pays.

En 2002, 80 000 hectares étaient semés en quinoa. Les principaux producteurs mondiaux sont la Bolivie, le Pérou et les États-Unis. Mais les principaux pays producteurs du quinoa des Andes sont le Pérou et la Bolivie avec plus de 96% de la production mondiale soit plus de 191697 tonnes en 2014. (Base de données de la FAO). Ces dernières années (2014), la production dans la région andine s'est élevée 192507 tonnes. (FAO, 2013).

Cette faculté d'adaptation du quinoa à des zones très diverses a conduit à la réalisation d'essais expérimentaux dans des régions jugées prometteuses en Afrique, en Asie, en Europe et en Amérique du Nord. Les résultats concluants de la culture expérimentale dans plusieurs pays – notamment aux États-Unis, au Maroc, au Kenya et en Inde – laissent espérer, à terme, une production commerciale à grande échelle. (Fao, 2013).

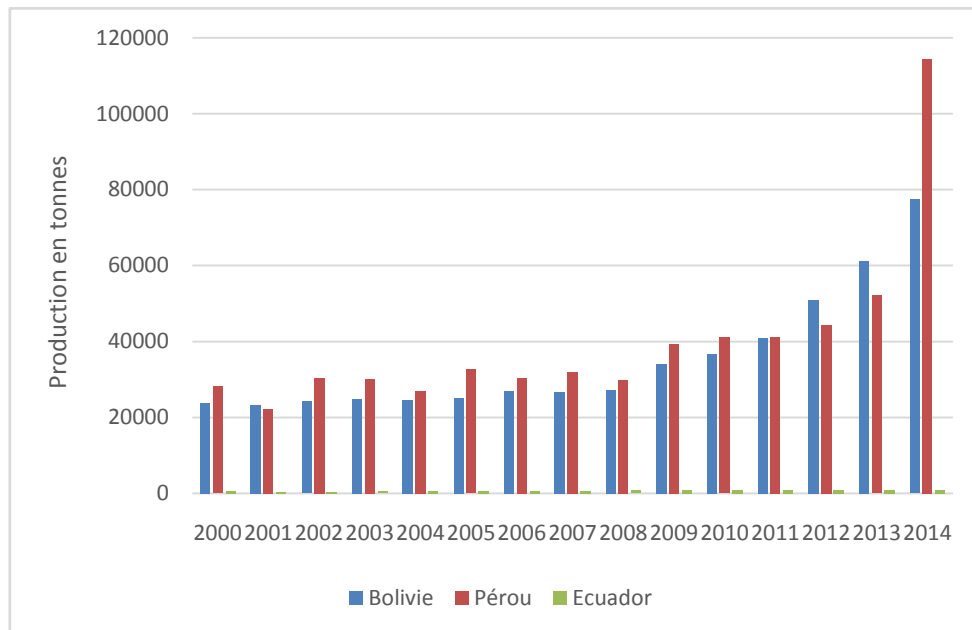


Figure 6. la production du quinoa dans les principaux pays producteurs (2000/2014). (FAO)

❖ Quinoa en Algérie :

Une convention a été signée entre la FAO et l'Algérie dans le cadre du projet (TCP/RAB/3403) intitulé : Assistance technique pour l'introduction du Quinoa et appropriation/institutionnalisation de sa production en Algérie, Egypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen).

Les essais d'introduction du quinoa seront effectués au niveau des stations expérimentales des institutions de recherche et développement du secteur de l'agriculture, en vue d'étudier son comportement et ses potentiels de production dans différentes zones agro-écologiques.

L'intérêt de cette plante pour l'Algérie réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrêmes (sécheresse, gel). Elle pourrait être, de ce fait, utilisée dans la lutte contre la désertification d'autant plus que le quinoa se

développe dans un milieu aride où elle peut donner des rendements acceptables à 100 millimètres de pluviométrie. (ItDas, 2016).

Les stations expérimentales des essais sont:

- INRAF- Bainem d'Alger -ITGC de Sétif,Tiaret et -Relizane
- INRAA d'Adrar et INRAA et ITDAS de BISKRA.

Utilisations

Alimentation animale : La plante entière sert de fourrage vert. Les résidus de récolte servent également dans l'alimentation des bovins, ovins, porcs, chevaux et volailles. (Fao, 2013).

Utilisations thérapeutiques : Les feuilles, les tiges et les graines de quinoa sont traditionnellement utilisées à des fins médicales par les peuples autochtones des Andes en raison de leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires. Elles servent également dans le traitement des fractures, des hémorragies internes et comme insectifuge. (FAO, 2013).

Utilisations comme produit nutraceutique : Un concentré protéique de quinoa de qualité alimentaire ou pharmaceutique peut être utilisé comme ingrédient dans les compléments nutritionnels destinés à l'alimentation humaine ou animale. (Fao, 2013).

Utilisations pharmaceutiques : Les saponines extraites des variétés de quinoa amères ont des propriétés pouvant modifier la perméabilité de l'intestin et faciliter l'absorption de certains médicaments. (FAO, 2013).

Utilisations industrielles : L'amidon de quinoa a une excellente stabilité dans des conditions de gel-dégel et pourrait servir d'alternative aux amidons chimiquement modifiés. (Ahamedet *al.*, 1998). De par la petite taille de ses granules, l'amidon de quinoa offre un potentiel intéressant dans différents secteurs de l'industrie, comme la production d'aérosols, de pâte à papier, de papier autocopiant, de desserts, d'excipients dans l'industrie du plastique, de talcs et de poudres anti-maculage. (FAO, 2013).

Outre les utilisations industrielles du grain, les saponines contenues dans le péricarpe des variétés amères peuvent trouver des applications bénéfiques dans divers domaines. Les saponines extraites du péricarpe du quinoa amer produisent de la

Chapitre 1 : Généralités et importance du Quinoa

mousse dans les solutions aqueuses, d'où leur utilité dans la fabrication de détergents, dentifrices, shampoings et savons. (Montoya *et al.*, 2005).

Chapitre 2 : Stress hydrique

3.1 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 microclimat 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 (Atti, 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).

3.2 Effet du stress sur la croissance végétative et la production

Dans les conditions de déficit hydrique, il ya un ralentissement des activités biologiques à plusieurs niveaux : métabolisme, croissance et turgescence. Le stress hydrique fait réduire le nombre de feuilles par plante, la surface foliaire et la longévité des feuilles Aussi Le manque d'eau en diminuant la photosynthèse (Atti, 2002). Du point de vue agronomique, la réduction du nombre de graines est observés avec la réduction du rendement (Tardieu *et al*, 2006).

3.3 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 de verse. (MADRPM, 2005).

la quinoa présente divers mécanismes de résistance au stress hydrique, la sécheresse est un des facteurs les plus courants de baisse des rendements en grain, même si des

sécheresses modérées en début de cycle ont plutôt un effet positif d'endurcissement des plantes (Bosque et *al.* 2003).

D'après Mujica et *al.*,(2001). La résistance à la sécheresse met en jeu différents mécanismes anatomiques, biochimiques, morphologiques et phénologiques

Les mécanismes morphologiques tels que :

La réduction de taille des plantes entières ou des feuilles.

La réduction de la surface foliaire par perte de feuilles.

La plasticité du développement et de la croissance, la replie des feuilles sur la panicule.

Les mécanismes phénologiques tels que :

Le développement racinaire plus rapide dans les premières étapes de croissance.

Asynchronisme dans la phase de floraison.

Raccourcissement de la phase de floraison.

Développement phénologique plus rapide et la résistance ontogénique (endurcissement par les stress antérieurs).

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3.1 Objectif :

L'objectif de cet étude vise à étudié et évaluer le comportement d'une de trois variétés de culture de quinoa qui introduire dernièrement dans les milieux aride en conditions de stress hydrique qui est fréquemment caractérisé ces région pour :

L'effet du stress hydrique sur la culture est évalué sur :

- Caractères phénologiques de la culture : date et l'adurée en jours et durée du cycle
- Caractères morphologiques : Hauteur de la plante, et nombre de ramification par plant.
- Caractères de production : Rendement de grain.

3.2 Site d'expérimentation

Notre expérimentation a été réalisée au cours de l'année 2018- 2019 au niveau du département des sciences agronomiques d'université Mohammed-Khider Biskra département des science agronomiques, dont les coordonnées géographique sont :

Altitude : 87° ;

Latitude : 34°8301 ;

Longitude : 5°7616.

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



Figure 7 . Site expérimental (photo originale)

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

Les tableaux 05 et 06 représentent les caractéristiques du sol et l'eau d'irrigation du site.

Tableau 1. Résultats des analyses du sol.

Paramètre	Résultat enregistré
pH	7.27
CE	1.75ml/cm
Matière organique	1.70%
Calcaire total	5.95%

Tableau 2. 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

- **Matériel végétal :** on utilise trois variétés de Quinoa (de l'ITDAS); variété (Q12 – Padj de panicule – Santo maria)



Figure 8. Graines des variétés de quinoa utilisées

3.4 Materials et techniques utilisé

Serre en plastique (7.30 m × 6.10 m×2.20 m)

Pots en plastique

Gravier

Sol + sable

Seau d'arrosage

Engrais potassique K (50%)

Engrais (20 20 20)

3.5 Dispositif expérimental

le Semis : a été effectué 30/11/2018 dans des pots de 10 kg de sol avec 3 graines dans chaque pot

Dispositif expérimental : Bloc aléatoire

pour le déficit hydrique on a appliquée une dose a la capacité de rétention qui est le témoin de 3.2L et les doses de stress sont représentées :

T1 = reçoit une dose de 100% de 3,2 L

T2 = reçoit une dose de 75% de 3,2 L

T3= reçoit une dose de 50% de 3,2 L

T4 = reçoit une dose de 25% de 3,2 L

Pour le stress hydrique on a appliqué la stratégie de différences entre la dose d'irrigation qui représente le jour d'irrigation stable

3.6 Dispositif expérimental

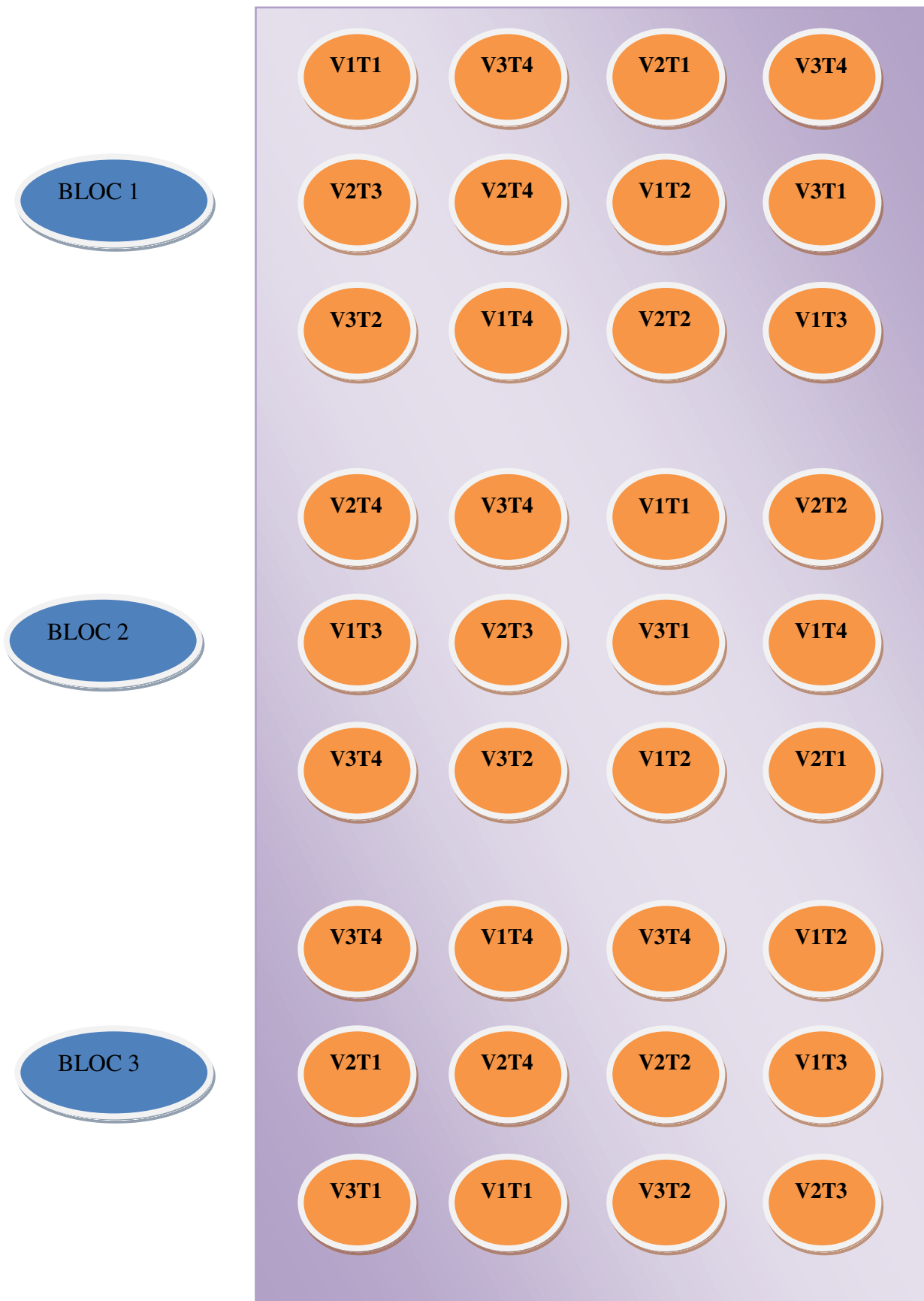


Figure 9 : Schéma du dispositif expérimental



Figure 10: Site expérimentale

Fertilisation minérale

Potassium (50) : est apporté à la dose de 4g/pot avec le semis

NPK (20 20 20) : est apporté à la dose de 1,5g/Pot au stade deux feuille vraies et le deuxième apport a stade de panicule

3.7 Paramètres étudiées

- **Test de germination**

La détermination du pourcentage des grains susceptibles de germer est réalisée par l'imbibition de 20 grains dans l'eau en condition normale, pendant 48 heures.

Tableau 3. Test de germination

Variété	Total	Germées	Taux
Q12	20	20	100 %
Pidide panicule	20	19	95 %
Santa Maria	20	20	100 %

3.8. Identification des stades :

Tableau 4 . 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 2ème paire des 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 3ème paire des 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 jaunies 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 par 50% des plantes de la parcelle.
Grain laiteux	L'existence d'un liquide blanchâtre sur le fruit. On Note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.

Grain pâteux	L'intérieur du fruit devient d'une consistance pâteuse. On Note la date lorsque le stade a été atteint par 50% des plantes de la parcelle.
Maturité physiologique	On Note la date lorsque le stade a été atteint par 90% des plantes de la parcelle.

3.9 MESURES ET OBSERVATIONS

- **Hauteur de plante en cm (HP)**

La hauteur de la plante (cm) est mesurée par une règle graduée avant la récolte a stade maturite physioilologique

- **Nombre des ramifications par plant et Nombre de panicules par plant** : on compte ces deux paramètres a stade de panicule
- **Poids de 1000 grains (PMG)**

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 (trois valeurs par traite ments).

Moyen de rendement grains

Il est déterminé moyen de rendement grains pour chaque post en g

. Analyses 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 au seuil de probabilité de 5%.

Chapitre 4 : Résultat et discussions

4.1 Effet du stress sur les caractéristiques phénologiques

D'après le tableau 6, on remarque, que durant les quatre premiers stades de la culture il n'y a pas une variabilité entre la durée par rapport aux traitements T1, T2, T3 et T4 car la fréquence d'irrigation est la même.

Tableau 5: La durée des stades phénologiques en jours Pour V3

<i>Les stades</i>	N° des jours (2018-2019)			
	T1	T2	T3	T4
<i>Stade levé</i>	11 jours	11 jours	11 jours	11 jours
<i>Deux feuilles vraies</i>	17 jours	17 jours	17 jours	17 jours
<i>Quatre feuilles vraies</i>	23 jours	23 jours	23 jours	23 jours
<i>Six feuilles vraies</i>	32 jours	32 jours	32 jours	32 jours
<i>Ramification</i>	43 jours	43 jours	43 jours	43 jours
<i>Panicule</i>	66 jours	65 jours	63 jours	63 jours
<i>Floraison</i>	91 jours	85 jours	83 jours	83 jours
<i>Grain laiteux</i>	119 jours	114 jours	111 jours	107 jours
<i>Grain pâteux</i>	145 jours	132 jours	137 jours	133 jours
<i>Maturité physiologique</i>	170 jours	162 jours	158 jours	156 jours
<i>N° totale des jours</i>	170 jours	162 jours	158 jours	156 jours

Mais, Dès le stade de panicule on observe que les plants dans T4 qui ont été irrigués par une fréquence longue de durée de 3 jours, ont une différence de durée de floraison de 3 jours par rapport aux autres.

Dès le stade grain laiteux on observe une diminution de 12 jours dans la durée en jours chez les plants T4 irrigués avec des fréquences prolongées 13 jours, par rapport aux plants irrigués T1. A la fin du cycle maturité physiologique, que les plants dans le traitement T1, ont un cycle long : 170 jours par rapport aux plants dans T2, T3 et T4, la différence est de 8 jours entre T1 et T2, et de 12 jours entre T1, T3, et 14 jours entre T1 et T4.

D'après le tableau 7, on remarque que durant les quater premiers stades de la culture il n'y pas une variabilité entre la durée par rapport aux traitement T1, T2,T3.T4 car la fréquence d'irrigation est la même

Tableau 6. La durée des stades phénologiques en jours Pour V1 et V2

<i>Les stades</i>	N° des jours (2018-2019)			
	T1	T2	T3	T4
<i>Stade levé</i>	11 jours	11 jours	11 jours	11jours
<i>Deux feuilles vraies</i>	17 jours	17 jours	17 jours	17jours
<i>Quatre feuilles vraies</i>	23 jours	23 jours	23 jours	23jours
<i>Six feuilles vraies</i>	32 jours	32 jours	32 jours	32jours
<i>Ramification</i>	43 jours	43 jours	43 jours	43jours
<i>Panicule</i>	64 jours	64 jours	62 jours	62jours
<i>Floraison</i>	87 jours	85 jours	82 jours	81jours
<i>Grain laiteux</i>	111 jours	108 jours	105 jours	101jours
<i>Grain pâteux</i>	136 jours	131 jours	128 jours	125jours
<i>Maturité physiologique</i>	159 jours	152 jours	148 jours	146jours
<i>N° totale des jours</i>	159 jours	152 jours	148 jours	146jours

Mais, Dès le stade de panicule on observe que les plants dans T4 qui ont été irriguée par une fréquence longue de durée de 3 jours, ont une différence de durée de floraison de 2 jours par rapport aux autres.

Dès le stade grain laiteux on observe un diminution de 12 jours dans la durée en jours chez les plants T4 irrigués avec des fréquences prolongées 13 jours ,par rapport aux plants irrigués T1.

A la fin du cycle maturité physiologique, que les plants dans le traitement T1, ont un cycle long : 159 jours par rapport aux plants dans T2, T3 et T4 , la différence est de 7 jours ente T1et T2, et de 11 jours entre T1, T3, et 13 jouer entre T1 et T4

Effet du stress sur les caractéristiques morphologiques :

1. Hauteur de la plante en cm

La figure suivante montre une différence entre les doses d'irrigations et la hauteur des plants. On remarque que le traitement T1 a donné les plus grands hauteurs pour les trois variétés V1, V2 et V3 respectivement (54,66 cm, 52,6cm et 49cm) par contre le traitement T4 a donné les plus petites hauteurs pour les trois variétés respectivement V2 avec une hauteur 23,3 cm, V1 avec une hauteur 23cm et V3 avec une hauteur 21,6 cm.

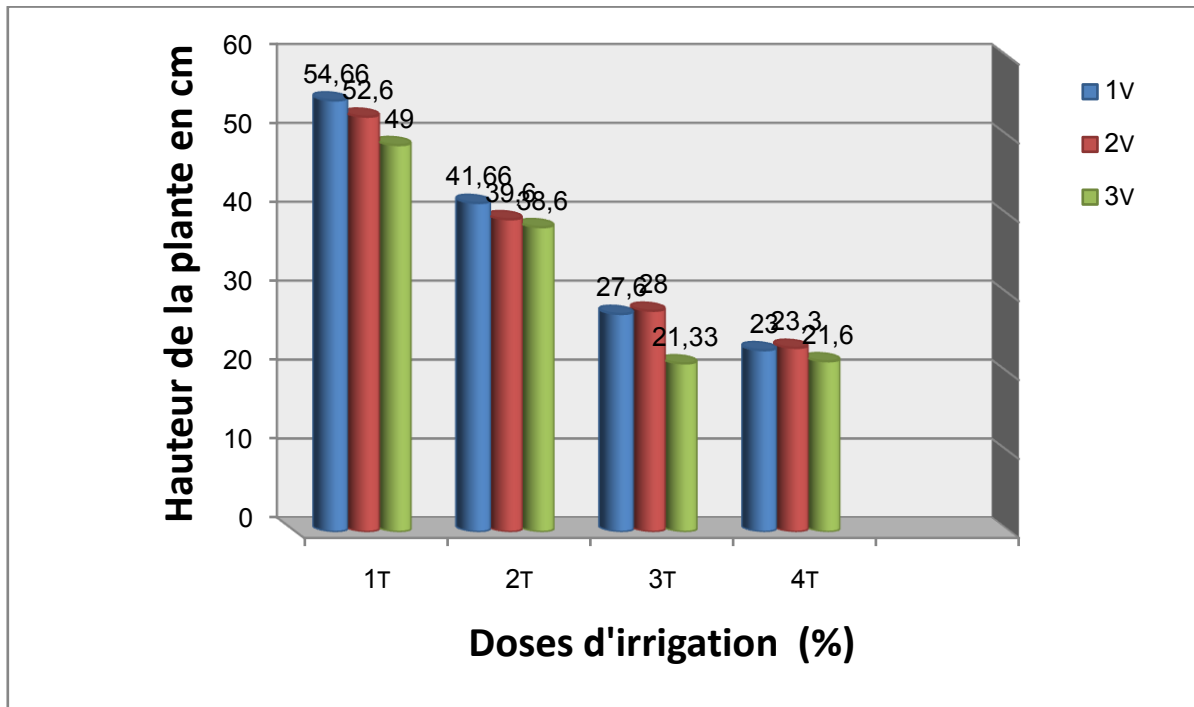


Figure 11: Effet du stress sur la hauteur moyenne de la plante

Pour confirmer cette différence une analyse statistique a donnée une différence très hautement significative des hauteurs des plants entre les doses d'irrigation (voir annexe) et la comparaison des moyennes des different doses par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 8 a resorté 4 groupes homogènes (A,B;C et D) respectivement T1, T2, T3et T4.

Tableau 7: Groupes homogènes dose de irrigation (hauteur des plantes)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
	A	52.000	T1
	B	38.000	T2
C		26.667	T3
D		22.667	T4

Pour l'analyse statistique des different variétés a donnée une difference hautement significative des hauteurs des plants entre les variétés (voir annexe) et la comparaison des moyennes des different variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 9 montre une difference hautement significative des hauteurs des plants entre les variétés , elle a resorté 2 groupes homogènes (A et B) respectivement V1, V2 dans le groupe A et V3 dans le groupe B.

Tableau 8. Groupes homogènes de variétés (hauteur des plantes)

Groupes	Moyenne estimée	Modalité
A	35.917	V1
A	35.917	V2
B	32.667	V3

L'analyse statistique a donnée une difference hautement significative entre des dose d'irrigation et les variété pour le paramètre de l'hauteur des plants (voir annexe) et la comparaison des moyennes de l'interaction des doses d'irrigation et les variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 10 a resorté 5 groupes homogènes (A , B, C, D e tE) respectivement V1T1, V2T1et V3T1 dans le groupe A et V2T2,V3T2 et V1T2 dans le groupe B .et V1T3 et V2T3 dans le groupe C et V2T3,V2T4 et V1T4 dans le groupe Det V2T4,V1T4 et V3T4 et V3T3dans le groupe E.

Tableau 9. Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés

			Groupes	Moyenne estimée	Modalité
			A	54.333	trt-T1*Var-V1
			A	52.667	trt-T1*Var-V2
			A	49.000	trt-T1*Var-V3
			B	39.667	trt-T2*Var-V2
			B	38.667	trt-T2*Var-V3
			B	35.667	trt-T2*Var-V1
		C		30.667	trt-T3*Var-V1
	D	C		28.000	trt-T3*Var-V2
E	D			23.333	trt-T4*Var-V2
E	D			23.000	trt-T4*Var-V1
E				21.667	trt-T4*Var-V3
E				21.333	trt-T3*Var-V3

4.2 nombre des ramifications moyen par plant

La figure suivante montre une différence entre les doses d'irrigations et la nombre de ramification par plants. On remarque que le traitement T1 a donné les plus grands hauteurs pour les trois variétés V3,V1 et V2 respectivement (13,66, 13 et 11,33) par contre le traitement T4 a donné les plus petites nombre de ramification pour les trois variétés respectivement V1avec une nombre de ramification cm, V2 avec nombre de ramification et V3 nombre de ramification.

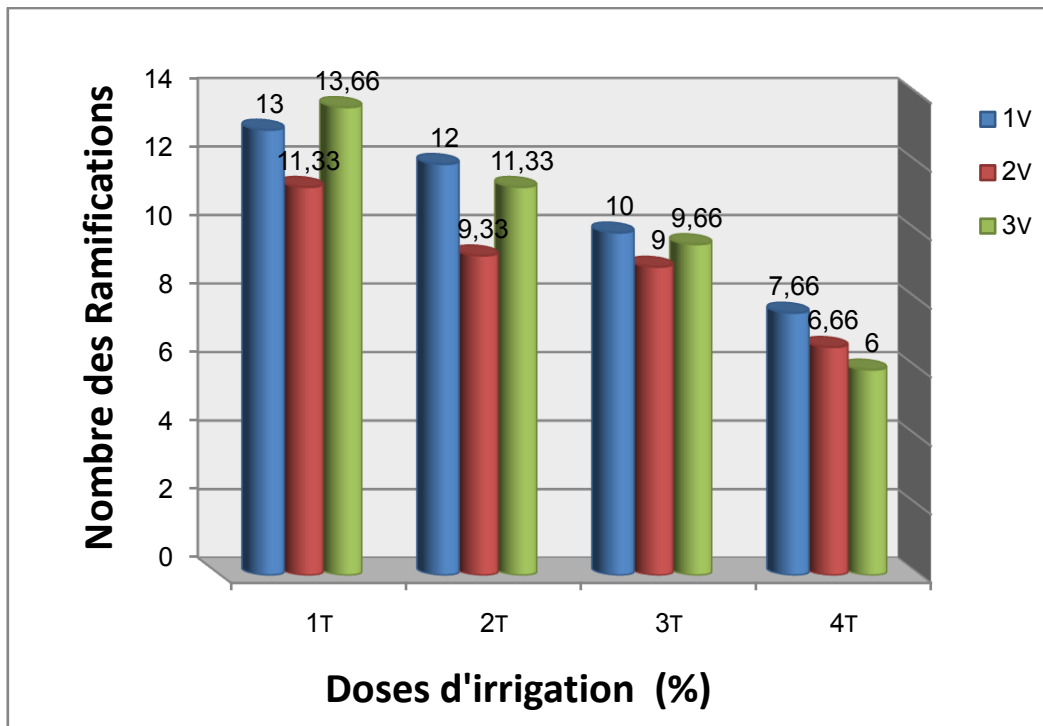


Figure 12: Effet du stress hydrique sur le nombre des ramifications moyen par plan

Pour confirmer cette différence une analyse statistique a donnée une différence très hautement significative des nombre ramifications des plants entre les doses d'irrigation (voir annexe) et la comparaison des moyennes des different doses par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 11 a resorté 4 groupes homogènes (A,B;C et D) respectivement T1, T2, T3et T4

Tableau 10. Groupes homogènes dose de irrigation (nombre de ramifications)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
A		13.111	T1
	B	11.556	T2
C		9.667	T3
D		6.333	T4

Pour l'analyse statistique des different variétés a donnée une différence hautement significative de nombre ramifications dans les plants entre les variétés (voir annexe) et la comparaison des moyennes des different variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 12 montre une différence hautement significative des nombre ramifications dans les plants entre les variétés , elle a resorté un groupe homogènes (A)

Tableau 11. Groupes homogènes de variétés (nombre de ramifications)

Groupes	Moyenne estimée	Modalité
A	10.667	V1
A	10.167	V3
A	9.667	V2

L'analyse statistique a donnée une différence hautement significative entre des dose d'irrigation et les variété pour le paramètre de nombre de ramifications dans le plants (voir annexe) et la comparaison des moyennes de l'interaction des doses d'irrigation et les variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 13 a resorté 5 groupes homogènes (A , B, C, D e tE) respectivements V3T1, V1T1et V2T1 dans le groupe et V1T4,V3T4 et V2T4 dans le groupe E.

Tableau 12. Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (nombre de ramifications)

Groupes			Moyenne estimée	Modalité
		A	13.667	trt-T1*Var-V3
		B	13.000	trt-T1*Var-V1
	C	B	12.667	trt-T1*Var-V2
	C	B	12.000	trt-T2*Var-V1
	C	B	11.333	trt-T2*Var-V3
	C	B	11.333	trt-T2*Var-V2
	D	C	10.000	trt-T3*Var-V1
	D	C	9.667	trt-T3*Var-V3
	D	C	9.333	trt-T3*Var-V2
E		D	7.667	trt-T4*Var-V1
E			6.000	trt-T4*Var-V3
E			5.333	trt-T4*Var-V2

4.3 nombre des panicules par plant :

La figure suivante montre une différence entre les doses d'irrigations et la nombre de panicule par plants. On remarque que le traitement T1 a donné les plus grands nombre de panicule pour les trois variétés V1,V2 et V3 respectivement (7, 6,33 et 6,33 panicule) par contre le traitement T4 a donné les plus petites nombre de panicule pour les trois variétés respectivement V2 avec une 6 panucule, V2 avec 5,33 panicule et V1 avec une 4,33 panicule

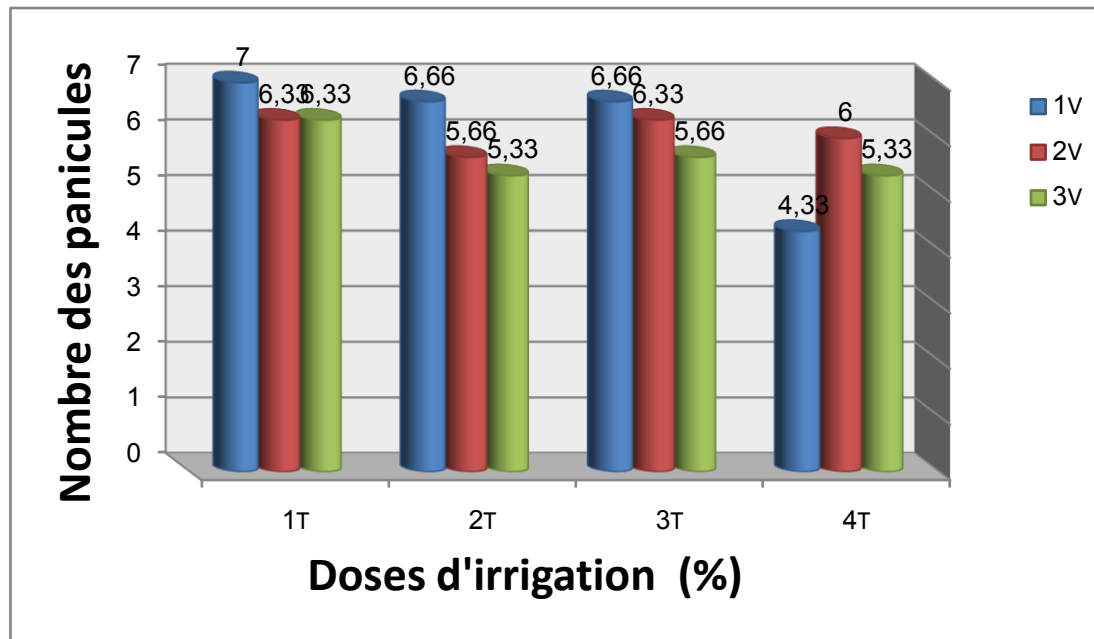


Figure 13. Effet du stress hydrique sur le nombre des panicules moyen par plan.

Pour confirmer cette différence une analyse statistique a donnée une différence très hautement significative de nombre des panicules dans les plants entre les doses d'irrigation (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différentes doses par la méthode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 14 a ressorti 2 groupes homogènes (A et B) respectivement T1, T2, T3 et T4

Tableau 13. Groupes homogènes dose de irrigation (nombre des panicules)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
	A	6.667	T1
B	A	6.444	T3
B	A	5.889	T2
B		5.222	T4

Pour l'analyse statistique des différentes variétés a donnée une différence hautement significative de nombre des panicules dans les plants entre les variétés (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différentes variétés par la méthode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 15 montre une différence hautement significative de nombre des panicules dans les plants entre les variétés, elle a ressorti un groupe homogène (A) respectivement V2, V1 et V3

Tableau 14. Groupes homogènes des variétés (nombre des panicules)

Groupes	Moyenne estimée	Modalité
A	6.417	V2
A	6.000	V1
A	5.750	V3

L'analyse statistique a donnée une différence hautement significative entre des dose d'irrigation et les variété pour le paramètre de nombre de panicules dans le plants (voir annexe) et la comparaison des moyennes de l'interaction des doses d'irrigation et les variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 16 a resorté 2 groupes homogènes (A et B) respectivements V2T3 dans le groupe A et V1T4, dans le groupe B et les autres dans groupe A et B .

Tableau 15: Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (nombre des panicules)

Groupes	Moyenne estimée	Modalité
A	7.667	trt-T3*Var-V2
B	7.000	trt-T1*Var-V1
B	6.667	trt-T1*Var-V3
B	6.667	trt-T2*Var-V1
B	6.333	trt-T1*Var-V2
B	6.000	trt-T3*Var-V1
B	6.000	trt-T4*Var-V2
B	5.667	trt-T3*Var-V3
B	5.667	trt-T2*Var-V2
B	5.333	trt-T2*Var-V3
B	5.333	trt-T4*Var-V3
B	4.333	trt-T4*Var-V1

4.4. Le poids de 1000 grains (PMG en g) :

La figure suivante montre une différence entre les doses d'irrigations et poids de 1000 grains. On remarque que le traitement T1 a donné les plus grands poids de 1000 grains pour les trois variétés V2,V1 et V3 respectivement (3,53g, 3,03g et 2,50g) par contre le traitement T4 a donné les plus petites poids de 1000 grains pour les trois variétés respectivement V2 avec une poids de 1000 grains 0,86 g, V1 avec une poids de 1000 grains 0,68g et V3 avec une poids de 1000 grains 0,57 g.

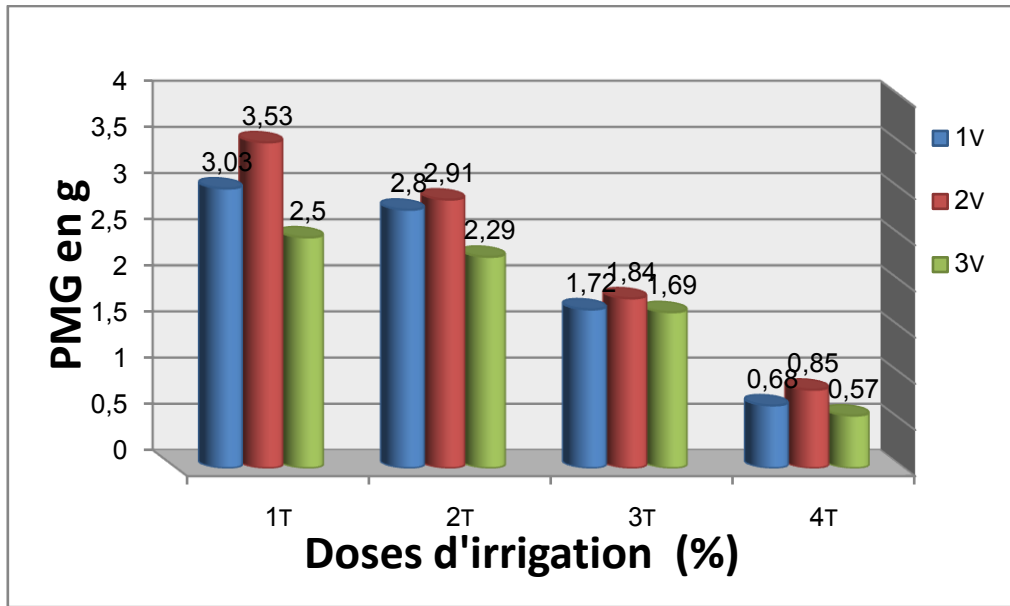


Figure 14. Effet du stress hydrique sur le poids de 1000 grains (PMG en g).

Pour confirmer cette différence une analyse statistique a donnée une différence très hautement significative des poids de 1000 grains dans les plants entre les doses d'irrigation (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différentes doses par la méthode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 17 a ressorti 4 groupes homogènes (A,B;C et D) respectivement T1, T2, T3 et T4

Tableau 16 . Groupes homogènes dose de irrigation (pgm en g)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
A		3.018	T1
	B	2.559	T2
C		1.747	T3
D		0.702	T4

Pour l'analyse statistique des différentes variétés a donnée une différence hautement significative des poids de 1000 grains dans les plants entre les variétés (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différentes variétés par la méthode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 18 montre une différence hautement significative des poids de 1000 grains dans les plants entre les variétés , elle a ressorti 3 groupes homogènes (A ,B et C) respectivement V2 dans le groupe A , V1 dans le groupe B et V3 dans le groupe C.

Tableau 17. Groupes homogènes de variétés (PMG en g)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
	A	2.279	V2
	B	2.060	V1
C		1.680	V3

L'analyse statistique a donnée une différence hautement significative entre des dose d'irrigation et les variété pour le paramètre de pgm dans le plants (voir annexe) et la comparaison des moyennes de l'interaction des doses d'irrigation et les variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 19 a resorté 6 groupes homogènes (A , B, C, D,E et F) respectivement V2T1 dans le groupe A et V1T4,V3T4 et dans le groupe E.

Tableau 18 . Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (pgm en g)

Groupes	Moyenne estimée	Modalité	
	A	3.510	trt-T1*Var-V2
	B	3.037	trt-T1*Var-V1
	C	2.913	trt-T2*Var-V2
	C	2.803	trt-T2*Var-V1
	C	2.507	trt-T1*Var-V3
	D	1.960	trt-T2*Var-V3
	D	1.843	trt-T3*Var-V2
E	D	1.677	trt-T3*Var-V3
E		1.367	trt-T3*Var-V1
F		0.850	trt-T4*Var-V2
F		0.680	trt-T4*Var-V1
F		0.577	trt-T4*Var-V3

4.5. Rendement grains moyen

La figure suivante montre une différence entre les doses d'irrigations et la rendement grains dane les plants. On remarque que le traitement T1 a donné les plus grands rendement grains pour les trois variétés V2,V1 et V3 respectivement (6,43 g, 6,19g et 5,37g) par contre le traitement T4 a donné les plus petites rendement pour les trois variétés respectivement V2 avec une rendement 1,36 g, V1 avec une rendement 1,31g et V3 avec une rendement 0,99 g.

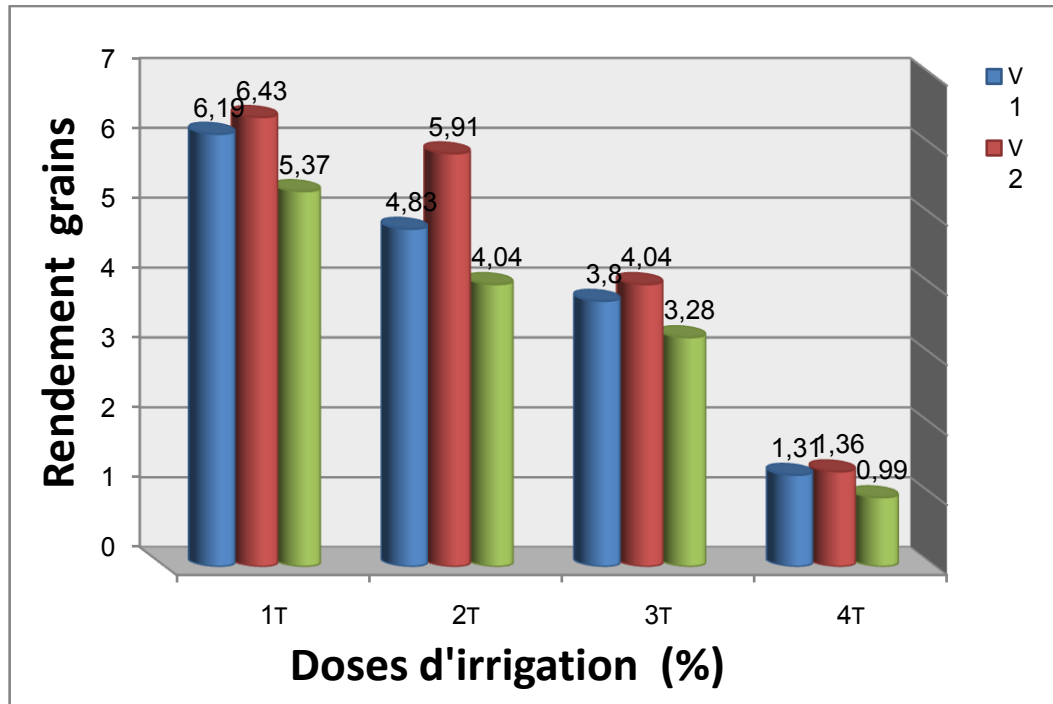


Figure 15. Effet du stress sur le rendement grains

Pour confirmer cette différence une analyse statistique a donnée une différence très hautement significative des rendement des plants entre les doses d'irrigation (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différent doses par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 20 a resorté 4 groupes homogènes (A,B;C et D) respectivement T1, T2, T3et T4

Tableau 19. Groupes homogènes dose de irrigation (Rendement grains)

Groupes	Moyenne estimée	Modalité
A	6.003	T1
B	4.701	T2
C	3.743	T3
D	1.143	T4

Pour l'analyse statistique des différent variétés a donnée une différence hautement significative des rendement des plants entre les variétés (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différent variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 21 montre une différence hautement significative de rendement des plants entre les variétés , elle a resorté 2 groupes homogènes (A et B) respectivements V1, V2 dans le groupe A et V3 dans le groupe B.

Tableau 20. Groupes homogènes de variétés (Rendement grains)

Groupes	Moyenne	
	estimée	Modalité
A	4.293	V1
A	4.021	V2
B	3.343	V3

L'analyse statistique a donnée une différence hautement significative entre des dose d'irrigation et les variété pour le paramètre de nombre de ramifications dans le plants (voir annexe) et la comparaison des moyennes de l'interaction des doses d'irrigation et les variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 22 a resorté 6 groupes homogènes (A , B, C, D,E et F) respectivements V1T1et V2T1 dans le groupe A et V1T4,V2T4 et V3T4 dans le groupe F.

Tableau 21. Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (Rendement grains)

Groupes			Moyenne estimée	Modalité
		A	6.437	trt-T1*Var-V1
		B	6.197	trt-T1*Var-V2
	C	B	5.377	trt-T1*Var-V3
	C	B	5.303	trt-T2*Var-V1
	D	C	4.773	trt-T2*Var-V2
E	D		4.067	trt-T3*Var-V1
E	D		4.047	trt-T2*Var-V3
E			3.803	trt-T3*Var-V2
E			3.287	trt-T3*Var-V3
F			1.363	trt-T4*Var-V1
F			1.310	trt-T4*Var-V2
F			0.660	trt-T4*Var-V3

4.6. Biomasse aérienne moyenne en g

La figure suivante montre une différence entre les doses d'irrigations et la Biomasse aérienne dans les plants. On remarque que le traitement T1 a donné les plus grands Biomasse aérienne pour les trois variétés V3,V1 et V2 respectivement (33,4 g, 33,36g et 26,5g) par contre le traitement T4 a donné les plus petites Biomasse aérienne pour les trois variétés respectivement V3 avec une Biomasse aérienne 6,22 g, V1 avec une Biomasse aérienne 5,36g et V2 avec une Biomasse aérienne 5,33 g

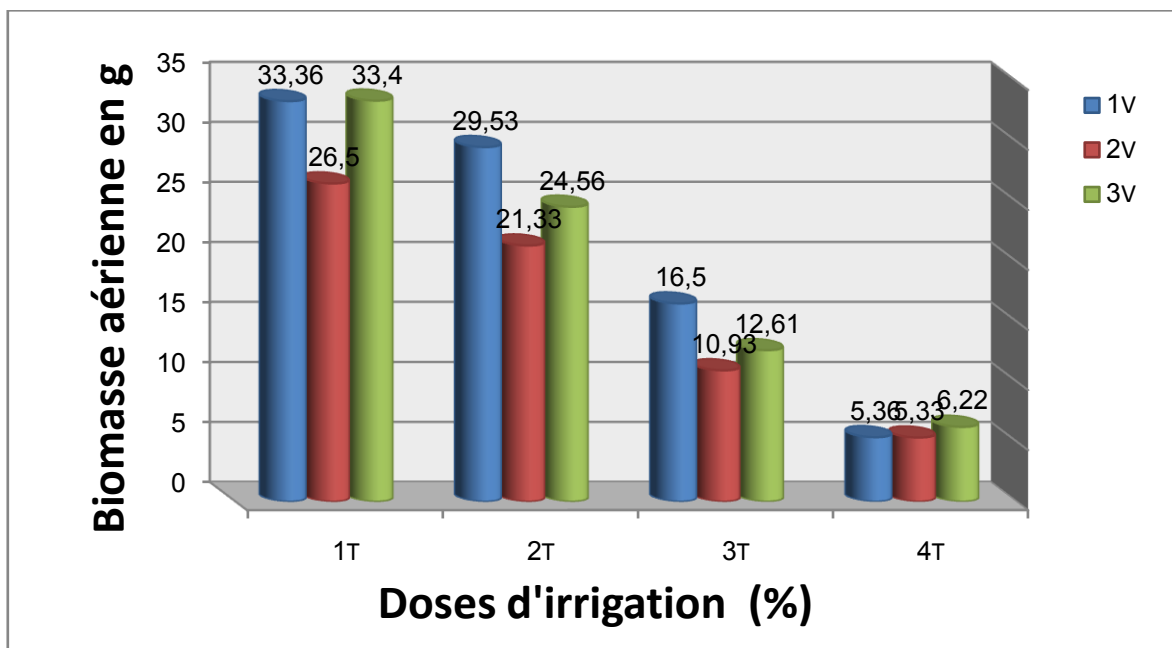


Figure 16. La Biomasse aérienne moyenne en g

Pour confirmer cette différence une analyse statistique a donnée une différence très hautement significative des Biomasse aérienne des plants entre les doses d'irrigation (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différent doses par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 23 a resorté 4 groupes homogènes (A,B;C et D) respectivements T1, T2, T3et T4

Tableau 22: Groupes homogènes dose de irrigation (BA)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
	A	31.089	T1
	B	25.144	T2
	C	11.672	T3
D		4.949	T4

Pour l'analyse statistique des différent variétés a donnée une différence hautement significative de Biomasse aérienne des plants entre les variétés (voir annexe) et la comparaison des moyennes des différent variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 24 montre une différence hautement significative de Biomasse aérienne des plants entre les variétés , elle a resorté 2 groupes homogènes (A et B) respectivements V1 dans le groupe A et V3, V2 dans le groupe B.

Tableau 23 :Groupes homogènes de variétés (BA)

Groupes		Moyenne estimée	Modalité
	A	21.192	V1
B		17.424	V3
B		16.025	V2

L'analyse statistique a donnée une différence hautement significative entre des dose d'irrigation et les variété pour le paramètre de BA dans le plants (voir annexe) et la comparaison des moyennes de l'interaction des doses d'irrigation et les variétés par la methode Neuman et Keuls au seuil 5% a été faite. Le tableau 25 a resorté 7 groupes homogènes (A , B, C, D, E, F et G) respectivements le V3T1 dans groupe A et V1T4, V2T4 et V3T4 dans le groupe G.

Tableau 24: Groupes homogènes de l'interaction entre les doses d'irrigation et les variétés (BA)

Groupes				Moyenne estimée	Modalité
				A	33.400 trt-T1*Var-V3
				A	33.367 trt-T1*Var-V1
			B	A	29.533 trt-T2*Var-V1
		C	B		26.500 trt-T1*Var-V2
		C	B		24.567 trt-T2*Var-V3
		D	C		21.333 trt-T2*Var-V2
	E	D			16.500 trt-T3*Var-V1
	F	E			10.933 trt-T3*Var-V2
G	F				7.583 trt-T3*Var-V3
G	F				5.367 trt-T4*Var-V1
G	F				5.333 trt-T4*Var-V2
G					4.147 trt-T4*Var-V3

Conclusion

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier, l'effet du stress hydrique sur les caractères phénologiques et morphologiques et productive de trois variétés du quina *O12*, *bijide panicule*, *santa maria*

D'après les résultats trouvés lors de notre expérience quelques aspects importants ont été révélés sur l'effet de stress hydrique sur le comportement des trois variétés. :

Le stress hydrique a montré une différence significative sur la hauteur de plants et le nombre de ramification par plants, en effet les trois variétés ont montré une réduction de la hauteur 21,6 cm et nombre de ramification à 6 en traitement le plus stressé T4

L'effet du stress a été bien influencé sur le nombre des panicules par plant récoltés la variété V1 a présenté la plus faible valeur (4,33) en traitement le plus stressé T4

Le PMG est un composant important pour le rendement, l'effet du stress a influencé le poids de 1000 g pour les trois variétés la variété V21 a présenté un PMG de 3,6 g en traitement T1 par rapport aux autres traitements et variétés le stress T4 a montré une réduction significative pour la variété V2

Le meilleur rendement de grain a été obtenu premier traitement T1 avec une moyenne de 6,4 g traitement / pot pour la variété V1, alors que le traitement le plus stressé T4 a influencé sur la diminution de rendement de grain pour la variété V3 : 0,66 g

Pour la biomasse aérienne, l'effet de stress a abouti à une diminution de biomasse de T4 par rapport à T1, la plus faible biomasse a été trouvée en variété V3

Enfin, il est intéressant de préciser que le stress hydrique 50% a montré une diminution des caractères morphologiques et productive pour les variétés V1, V2 et V3

Cependant la variété V2 a montré une meilleure adaptation au stress hydrique par rapport aux autres variétés

On conclut que, dans les conditions de déficit hydrique, l'introduction de la variété *bijide panicule* est considérée comme un bon choix pour une agriculture durable dans notre région