

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Gestion des Agro systèmes

Présenté par : Mme SERRAOUI Afaf

Melle CHETIOUI Iman

Thème

Comportement de trois variétés /populations de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) cultivées en plein champ dans les conditions arides (cas de Ouargla).

Soutenu publiquement

Le: 04/10/2020

M.	CHAABNA	Ahmed	M.A.A.	Président	UKM Ouargla
M.	BELAROUSSI	Med El hafed	M.C.B.	Examineur	UKM Ouargla
Mm	DJERROUDDI	Ouiza	M.A.A.	Encadreur	UKM Ouargla

Année Universitaire: 2019 / 2020



Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail:

*À ma très chère mère **Zohra**, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi. À l'âme de mon cher père **Said**, merci pour ses encouragements, merci pour tous ce que tu m'as donné. Paix à son âme.*

*À mon mari **Abd Allah**, pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*À ma foie, ma fille **Ritel**.*

*À ma grande famille **Berraoui** et ma belle famille **Ben Amor**.*

*À mon frères **Mohammed**, **Moustapha** et **Younes** et mes sœurs **Hayat**, **Latifa**, **Aticha** et **Wissam**.*

*À mes meilleurs amies: **Yasmin**, **Asma**, **Radia**, **Uham**, **Rayan** et **Fella**.*

Et mes chers collègues

*En fin, je remercie mon binôme **Umane**, qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

Afaf 2019/2020.



Dédicace

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

*À ma très chère mère **Saliha**, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*À mon très cher père **Bachir**, merci pour ses encouragements, merci pour tous ce que tu m'as donné.*

*À ma grande mère **Masuada**, pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*À ma grande famille surtout ma cousine **Hajar**.*

*À mon frères **Nourddine**, **Farouq** et **Akram** et mes sœur **Ritaj**.*

*À mes meilleurs amis : **Riym**, **yousra**, **Horia**, **Fatima**, **jamila**, **Nawal**, **Asma**, **Amna**, **Uham** et **Asma**.*

Et mes chers collègues

*En fin, je remercie mon binôme **Afaf**, qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

Imane 2019/2020.

Remerciement

À l'issue de ce modeste travail, nous tenons à remercier tout d'abord notre bon DIRECTEUR le Tout Miséricordieux, de nous avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Nos sincères remerciements et nos profondes gratitude s'adressent à notre promotrice, MME. DIRECTEURICE Ouiza pour avoir accepté de diriger ce travail, pour la grande patience, ses encouragements, ses orientations et ses conseils précieux.

Nous tenons à remercier également:

Monsieur Fddoud.A, Sekour, Chaabna.A, Belaaroussi.M, Ammi Jahar, Laadjizi, MME Draaoui et MME Saamrani qui ont accepté de nous faire partager leurs conseils et leur réflexions sur ce travail.

Une mention particulière est adressée au chef de la spécialité

Monsieur Seggai Mounir, qui a partagé avec nous son temps, son expérience, ses orientations et ses connaissances.

Nous adressons aussi notre vif remerciement à tous nos professeurs qui ont contribué à notre formation tout au long de ces cinq ans.

Nos sincères remerciements vont également à :

Tous les étudiants de la promotion de gestion des agrosystèmes année 2019/2020

En fin, nous sommes très reconnaissantes à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin.

Afaf et Imane 2019/2020.

Table de matière

Introduction	1
Chapitre I:Généralités sur le quinoa	4
I.1.Historique	4
I.2.Répartition géographique	4
I.3.Importance du quinoa dans le monde	5
I.4.Le quinoa en Algérie	5
I.5.Importance économique de quinoa	7
I.6.Classification scientifique de quinoa	7
I.7.Description botanique	7
I-7-1. Appareil végétatif	8
I-7-1-1. Racine	8
I-7-1-2. Tige	8
I-7-1-3.Ramifications	8
I-7-1-4. Feuilles	8
I-7--2. Organes de reproduction	8
I-7-2-1. Panicule	8
I-7-2-2. Fleurs	9
I-7-2-3.Fruits et graines	9
I.8.Caractères physiologiques	9
I-9.Phénologie du quinoa	9
I-9-1. Stade levée	10
I-9-2. Stade deux feuillesvraies	10
I-9-3. Stade quatre feuilles	10
I-9-4. Six feuilles	10
I-9-5. Ramification	10
I-9-6. Début de formation de la panicule	10
I-9-7. Panicule	11
I-9-8. Début de floraison	11
I-9-9. Floraison	11
I-9-10. Grain laiteux	11

I-9-11. Grain pâteux	11
I-9-12. Maturité physiologique	11
I-10. Biologie reproductive	11
I-11. Variétés de quinoa	12
I- 12.Itinéraire technique	12
I-13. Exigences de la plante	12
I-13-1. Exigences climatiques	12
I-13-2. Exigences édaphiques	12
I-14. Mode de semis	13
I-14-1. Préparation du sol et semis	13
I-14-2. Mode et dose de semis	13
I-14-3. Conduite de culture (Champ conduit)	13
I-14-3-1. Fertilisation	13
I-14-3-2. Besoins en eau	14
I-14-4. Ennemis de la culture	14
I-14-4-1. Contrôle des mauvaises herbes	14
I-14-4-2. Les ravageurs	14
I-15. Récolte	15
I-16.Mécanismes de résistance chez le quinoa	15
I-16-1. Résistance à la salinité	15
I-16-2. Résistantes au vent	15
I-16-3. Résistantes à maladies, parasites et ravageurs	15
I-17.Valeurs nutritives	17
I.18.Utilisations	17
Chapitre II:Présentation de la région d'étude.....	20
II-1.Situation et limites géographiques :	20
II-2.Climat	20
II-3. Facteurs climatiques	20
II-3-1.Température	21
II-3- 2.Humidité	22
II-3-3.Vents	22

II-3-4.Précipitation	22
II-3-5.Evapotranspiration	22
II-3-6.Insolation	22
II-4. Synthèse climatique	22
II-4-1.Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	22
II.4.2.Climagramme d'Emberger	23
II-4-3.Hydrologie	24
II-4-4.Pédologie	24
II-4-5.Géologie	25
II-4-6.Topographie	25
Chapitre III: Matériel et Méthodes.	27
I-Présentation du site d'expérimentation	27
I-1. L'exploitation de l'ITAS	27
II-Matériel d'étude	28
II-1. le caractérisation du sol de site expérimental	28
II-2. Eau d'irrigation	28
II-3. Matériel végétal	28
III-Méthodes d'étude	30
III-1. Protocole expérimental	30
III-1-1 Dispositif expérimental	30
III-1-2Conduite de la culture	33
III-2. Paramètres à étudiés	36
III-2-1Paramètres phénologiques	37
III-2-2. Les paramètres de croissance	37
III-2-2-1. Nombre des plantes levées par parcelle	37
III-2-2-2. Nombre de ramification panicule par plante	37
III-2-2-3. Hauteur des plants	37
III-2-2-4. Diamètre de la tige principale	38
III-2-2-5. Surface foliaire	38
III-2-2-6. Mesure du système racinaire	39
III-2-3.Notations	39

III-2-3-1. Couleur de panicule principale	39
III-2-3-2. Port de la plante	39
III-2-3-3. Forme de la panicule principale	40
III-2-4. Paramètres liés au rendement	40
III-2-4-1. Poids de la panicule principale	40
III-2-4-2. Poids de mille graines	40
III-2-4-3. Poids total des grains	41
III-2-4-4. Rendement (Kg/ha)	41
III-2-5. Les paramètres physiologiques	41
III-2-5-1. Teneur en eau (T.E.)	41
III-2-5-2. Teneur relative en eau (T.R.E.)	41
III-2-5-3. Extraction et dosage de la Chlorophylle	41
III-3. Analyses statistiques	42
Chapitre IV: Résultats et Discussion.....	44
I-Résultats	44
I-1. Facteurs biotiques et abiotiques	44
I-1-1. Mauvaises herbes	44
I-1-2. Maladies, insectes et ravageurs	44
I-I-3. Données climatiques de la campagne de l'essai (2019/2020).	48
I-3. Caractérisation du sol	49
I-4. Caractérisation de l'eau d'irrigation	49
I-6. Les résultats des paramètres étudiés	51
I-6-1. Paramètres phénologiques	51
I-6-2. Paramètres de croissance	54
I-6-2-1. Nombre des plantes levées par parcelle	54
I-6-2-2. Nombre de ramification des panicules par plante	55
I-6-2-3. La hauteur et le diamètre de la tige principale	56
I-6-2-4. Surface foliaire	58
I-6-2-5. Mesure de système racinaire	58
I-6-3. Notation	59
I-6-3-1. Couleur de panicule principale	59

I-6-3-2. Port de la plante	60
I-6-3-3. Forme de la panicule principale	60
I-6-4. Paramètres liés au rendement	61
I-6-4-1. Poids de la panicule principale	61
I-6-4-2. Poids de mille grains	63
I-6-4-3. Poids total des grains	63
I-6-4-4. Rendement (Kg/ha)	64
I-6-5. Paramètres physiologiques	65
I-6-5-1. Teneur en eau (T.E.) et teneur relative en eau (T.R.E)	65
I-6-5-2. Chlorophylles et Caroténoïde	67
II-Discussion	70
Conclusion.....	74
Perspective	75
Références bibliographiques	77
Annexe	

Liste des abréviations

%	<i>Pourcent.</i>	ml	<i>Millilitre.</i>
m²	<i>Mètre carré.</i>	nm	<i>Nanomètre.</i>
Moy	<i>Moyenne.</i>	cm²	<i>Centimètre carrée.</i>
qx/ha	<i>Quintaux par hectare.</i>	ITDAS	<i>Institut Technique de développement d'agriculture Saharienne.</i>
•	<i>Dégréé.</i>	FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the united nations.</i>
°C	<i>Dégréé Celsius.</i>	ONM	<i>Office National de Météorologie.</i>
Tmin	<i>Température moyenne minimale en °C.</i>	TE	<i>Teneur en eau.</i>
Tmax	<i>Température moyenne maximale en °C.</i>	TRE	<i>Teneur relative en eau.</i>
U	<i>Humidité relative.</i>	Chl a	<i>Chlorophylle a.</i>
FX	<i>Vent max moyen en m/s</i>	Chl b	<i>Chlorophylle b.</i>
RR	<i>Cumul des pluies en mm.</i>	Chl a+b	<i>Chlorophylle total (a+b).</i>
EVA	<i>Evaporation totale en mm.</i>	PF	<i>Poids frais.</i>
INS	<i>Durée totale d'Insolation en Heure.</i>	PS	<i>Poids sec.</i>
Trace	<i>Quantité de pluie inférieure à 0.1 mm.</i>	Ppt	<i>Poids en pleine turgescence.</i>
mS	<i>Milli siemens.</i>	CE	<i>Conductivité électrique.</i>
min	<i>Minute.</i>	ha	<i>Hectare.</i>
Pf	<i>Poids de la feuille.</i>	mm	<i>Millimètre.</i>
Pp	<i>Poids du papier.</i>	m	<i>Mètre.</i>
Sp	<i>Surface du papier.</i>	cm	<i>Centimètre.</i>
SF	<i>Surface foliaire.</i>	Kg	<i>Kilogramme.</i>
mg	<i>Milligramme.</i>	g	<i>Gramme.</i>
C(X+Cmoy)	<i>Caroténoïde (xanthophylles + caroténoïdes moyennes)</i>		

Liste des tableaux

Tableau 1: Les rendements obtenus par instituts (ITDAS, 2017).....	6
Tableau 2: Mécanismes de résistance et de tolérance du quinoa à la sécheresse	16
Tableau 3: Les données climatiques relevées au niveau de la station météorologique d'Ouargla durant la période allant de 2010 à 2019	21
Tableau 4: Identification des variétés utilisées.	29
Tableau 5: les caractéristiques de dispositif expérimental utilisé.....	30
Tableau 6: Principales caractéristiques des essais durant l'expérimentation.....	34
Tableau 7: Certaines espèces observées dans le site expérimental.....	45
Tableau 8: les températures mensuelles minimales, maximales et moyennes enregistrées durant le cycle de développement du quinoa.	49
Tableau 9: Caractérisation physico-chimique du sol de site expérimental.....	49
Tableau 10: la caractérisation de l'eau de l'irrigation au niveau du site expérimental.....	49
Tableau 11: Analyse de la variance (Variable Nombre de plantes levées/parcelle).....	54
Tableau 12: Analyse de la variance (Variable Nombre ramifications/parcelle).....	55
Tableau 13 : Analyse de la variance (Variable Hauteur plante)	56
Tableau 14: Analyse de la variance (Variable Diamètre tige principale (mm)).	56
Tableau 15: Analyse de la variance (Variable Surface foliaire (cm ²)).	58
Tableau 16: Couleurs de panicule dans les différents stades des variétés de quinoa.	59
Tableau 17: Les ports de la plante chez les variétés de quinoa testées.....	60
Tableau 18: Formes de panicule chez les variétés de quinoa étudiées.	61
Tableau 19: Analyse de la variance (Variable Poids panicule principale).	62
Tableau 20: Analyse de la variance (Variable Poids 1000 graines (g)).....	63
Tableau 21: Analyse de la variance (Variable Poids total grains (g)).	64
Tableau 22 : Analyse de la variance (Variable Teneur en eau).	66
Tableau 23 : Analyse de la variance (Variable Teneur relative en eau).	66
Tableau 24: Analyse de la variance (Variable Chl A (mg/g)).....	67
Tableau 25: Analyse de la variance (Variable Chl B (mg/g)).....	67
Tableau 26: Analyse de la variance (Variable Chl A+B(mg/g)).	67
Tableau 27: Analyse de la variance (Variable Caroténoïdes (mg/g)).....	68

Liste des figures

Figure 1: principale modèle de dynamique évolutive du quinoa avec différenciation de cinq écotypes dans les Andes.	4
Figure 2: Carte des productions mondiales de quinoa (MARTHE RUBIÓ, 2016).	5
Figure 3: Introduction du Quinoa dans d'environnement des agriculteurs (Site de démonstration) en 2016 (ITDAS, 2017).	6
Figure 4: Evolution de la production mondiale du quinoa et les principaux pays producteurs (FAOSTAT, 2020).	7
Figure 5: Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région d'Ouargla 2010-2019.	23
Figure 6: Situation de la région d'Ouargla au niveau du climagramme d'Emberger.	24
Figure 7 :a. Situation de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla ; b .Site expérimental (Google Earth, 2020)	28
Figure 8: Graines de quinoa utilisées.	29
Figure 9- Les parcelles élémentaires dans le site expérimental.	31
Figure 10: Schéma du dispositif expérimental.	32
Figure 11: Schéma détaillée d'une parcelle élémentaire.	33
Figure 12: Le nivellement de site de l'essai.	35
Figure 13: Installation du système de goutte à goutte.	35
Figure 14: Amendement organique des parcelles.	35
Figure 15: Opération de préparation des poquets et du semis.	36
Figure 16: Les parcelles avant et après la récolte de quinoa.	36
Figure 17: Mesure de la hauteur des plantes de quinoa.	38
Figure 18: Mesure du diamètre des plantes par un pied à coulisse.	38
Figure 19: Fosse creusée pour l'étude du système racinaire.	39
Figure 20: Mesure le poids de panicule principale.	40
Figure 21: Les espèces observées au niveau du site expérimental.	44
Figure 22: les traces et les excréments de moineau (<i>Passer domesticus</i>).	47
Figure 23: panicule Avant et après l'attaque du moineau (variété Q101)	48
Figure 24: la maladie <i>Pourriture fusarienne</i>	48
Figure 25: Taux de germination en fonction des variétés.	50
Figure 26: cycle de vie du quinoa (CHETIOUI et SERRAOUI, 2020)	53

Figure 27: Variation de pourcentages des plants levés en fonction des variétés.	54
Figure 28: Variation de la ramification panicule par plant en fonction des variétés.	55
Figure 29: ramification panicule de la plante du quinoa (variété Q101).	56
Figure 30: Variation de la hauteur et du diamètre des plants à la maturité (cm) en fonction des variétés.	57
Figure 31: La hauteur et diamètre de la plante.	57
Figure 32: Variation de la surface foliaire en fonction des variétés.	58
Figure 33: Variation de développement du système racinaire en fonction des variétés étudiées.	59
Figure 34 : la variété Q101 présente la racine la plus longue.	59
Figure 35: Variation du poids de panicule principale en fonction des variétés.	62
Figure 36: Des panicules de la variété Q101	62
Figure 37: Variation de poids de mille grains en fonction des variétés.	63
Figure 38: Variation du poids total des graines en fonction des variétés.	64
Figure 39: Variation de rendement en fonction de variétés.	65
Figure 40: Le rendement de la variété Q102 sur les trois parcelles.	65
Figure 41: Variation de la teneur en eau et teneur relative en eau en fonction des variétés. ...	67
Figure 42: Variation de dosage des teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes en fonction des variétés.	69

Quinoa

Introduction



Introduction

Deux problèmes se posent actuellement, le premier est l'augmentation de la population mondiale, selon les dernières prévisions de l'ONU, qui devrait passer de 6,8 milliards à 9,1 milliards en 2050, et la demande de produits alimentaires continuera à augmenter, pour cela la production céréalière annuelle devrait augmenter d'environ 1 milliard de tonnes (jusqu'à 2,1 milliards de tonnes en 2013) **(FAO, 2013)**.

Les pays développés ont enregistré environ plus de 50 millions d'hectares pour soulever le problème de la production pour répondre aux besoins de la population mais l'utilisation excessive de produits chimiques et du sol et l'augmentation de la production alimentaire environ de 90% ainsi que la densité de culture conduisent à l'émergence d'un problème de diminution de terres arables **(FAO 2009)**.

Le deuxième problème le plus commun à savoir le changement climatique. Avec ce changement, les aspects négatifs de notre climat sont appelés à se renforcer et font déjà peser sur les terroirs agricoles, il est nécessaire de faire face pour éviter des conséquences trop néfastes. Mais la pérennité et le développement des systèmes agricoles ne dépendent pas seulement de l'évolution du climat. L'urbanisation, l'occupation des sols, les pollutions locales (sol, air, eau), les incendies, mais aussi les pratiques culturelles et la gestion agricole, jouent un rôle fondamental. **(ResearchGate, 2016)**

Donc le monde doit relever le défi d'accroître la production d'aliments de qualité pour nourrir une population croissante dans un contexte de changements climatiques, le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) constitue une source de nourriture alternative et peut améliorer le sort des pays confrontés à l'insécurité alimentaire **(Herbillon, 2015)**.

Le quinoa est un aliment nouveau et nutritif et qui peut remplacer de nombreuses céréales de consommation courante. Certes, dans de nombreuses régions du monde, le quinoa était l'une des principales cultures vivrières des civilisations précolombiennes d'Amérique latine, il est considéré comme un aliment important pour les Quechuas et les Aymaras installés dans les zones rurales des Andes, en Amérique du Sud. Dans la langue quechua, le quinoa est appelé chisiya mama, ce qui signifie céréale mère **(FAO, 2013)**.

La culture du quinoa a une grande adaptabilité à résister les effets du changement climatique dans les pays andins.

Cette plante s'adapte à une large gamme de milieux. La forte diversification écologique de ce chénopode halophyte permet d'introduire sa culture sous des nombreux climats. Grâce à sa diversité génétique, les variétés paysannes « variétés populations » offrent une grande chance à la réussite du changement d'altitude et l'introduction aux nouveaux milieux (**Bazile, 2015**).

L'introduction du quinoa en tant que solution de remplacement passe essentiellement par l'étude des possibilités d'adaptation au nouvel environnement.

C'est dans ce cadre que s'insère notre étude sur le comportement de trois variétés/ populations du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivées en plein champ sous les conditions arides (cas de Ouargla).

Notre travail a été réalisé au niveau de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla (l'exploitation de l'ITAS) pour effectuer une étude comparative sur les paramètres phénologiques, de croissance, physiologiques et paramètres de rendements.

Le travail compris trois parties :

- ✚ La première partie représente une synthèse bibliographique concernant des généralités sur le quinoa.
- ✚ La deuxième partie traite la description du matériel végétal, conditions et la méthode de culture et les paramètres étudiés.
- ✚ La troisième partie abordée un traitement des résultats obtenus et leur discussion ; et finalement une conclusion et perspectives.

Quinoa

Partie I:

Synthèse bibliographique



Chapitre I: Généralités sur le quinoa**I.1. Historique**

Le quinoa est une plante originaire des Andes en Amérique du sud, précisément du Pérou et de la Bolivie (Figure 01) (Lebonvallet, 2008 ; FAO, 2013).

Selon des preuves historiques, le quinoa a été domestiqué il y a plus de 7000 ans par les peuples andins (Herbillon, 2015).

Le quinoa était adoré, il était d'ailleurs appelé « chisiya mama » ce que signifiait « mère de tous les grains », cette culture constituait un aliment de base des populations indigènes de Colombie, Equateur, Pérou, Bolivie et Chili entre 3000 et 5000 ans avant J-C.

Avec l'arrivée des espagnols, cette culture fût remplacée par les céréales (Cercam, 2014).

A la seconde moitié du XXe siècle, le quinoa est devenu un produit alimentaire populaire notamment dans l'Europe et en Amérique du Nord, le nombre de pays la cultivant augmenté de 8 en 1980 à 95 en 2015 ,en plus que le nombre de centres de recherche qui étudient la culture de quinoa et effectuant des expériences est augmenter (Da cunha veloso , 2016).

Figure 1: principale modèle de dynamique évolutive du quinoa avec différenciation de cinq écotypes dans les Andes.

**I.2. Répartition géographique**

La répartition géographique du quinoa dans la région de l'Amérique du sud s'étend à partir de la latitude 5 ° Nord dans le sud de la Colombie jusqu'à la latitude 43 ° Sud dans la Xème région du Chili, et sa distribution altitudinale va du niveau de la mer au Chili à 4000 m dans l'Altiplano du Pérou et la Bolivie. Ainsi, les quinoas existants de la côte, les vallées, les vallées inter andéennes, Puna et Altiplano (Rojas, 1998).

Le quinoa est devenu l'objet d'une culture d'exportation à destination des pays du Nord (Europe, Etats-Unis, Canada) (Castillo *et al.*, 2008).

La culture de quinoa est en pleine expansion et on la trouve désormais dans plus de 70 pays (Figure 02) (Cercam, 2014).

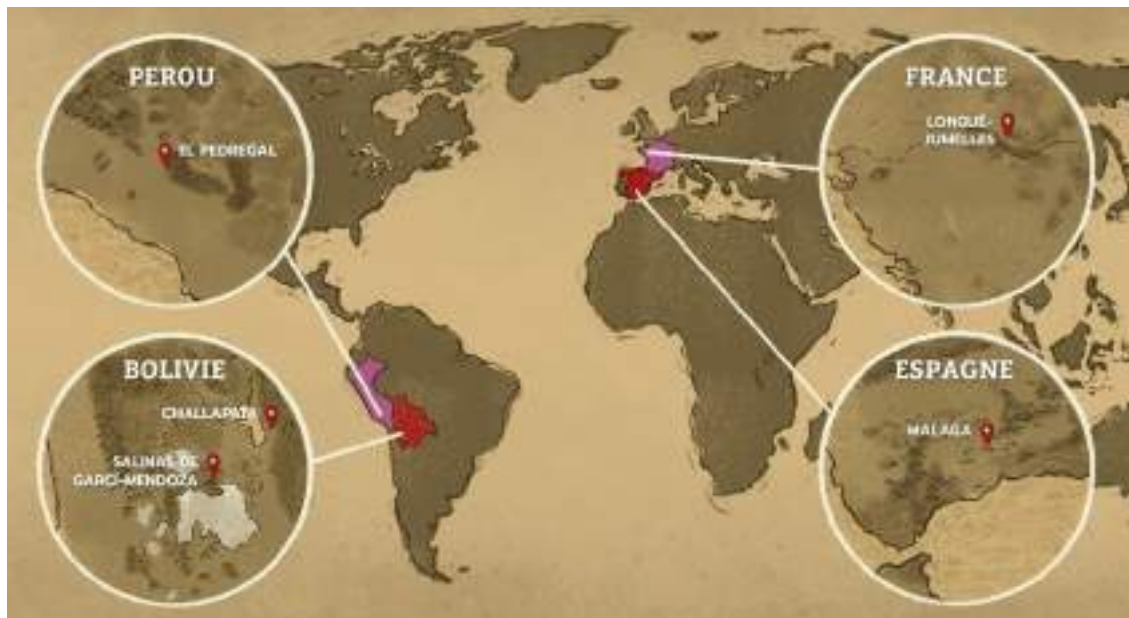


Figure 2: Carte des productions mondiales de quinoa (MARTHE RUBIÓ, 2016).

I.3.Importance du quinoa dans le monde

Le quinoa est une plante endémique de tous les pays de la région andine, de la Colombie (Pasto) au nord de l'Argentine (Jujuy et Salta) et au sud du Chili ; et la quasi-totalité de la production est assurée par de petits agriculteurs et des coopératives.

Le quinoa devient de plus en plus populaire et sa culture est parmi les plus rapides dans le monde, ce qui lui permet de contribuer significativement à la sécurité alimentaire et à la nutrition dans les régions du Proche-Orient et d'Afrique du Nord (Del Castillo, 2008).

L'Organisation des nations unies a déclaré l'année 2013 comme année internationale du quinoa ; principalement pour reconnaître l'importance de la biodiversité du quinoa et de la haute valeur nutritionnelle de ses graines (FAO, 2013 ; Bazile, 2015).

I.4.Le quinoa en Algérie

En profitant de ces atouts pour valoriser les zones marginales, diversifier les cultures vivrières stratégiques et assurer une source importante de nourriture riche en protéines pour leurs

populations, l'Algérie et sept autres pays du Nord-africain et du proche orient, avec l'aide financière et l'assistance technique de la FAO sont inscrits dans un projet régional sur la culture du Quinoa (ITDAS, 2018).

La culture de quinoa a été introduite en Algérie par FAO le 02/06/2014 dans le cadre de l'adaptation des cultures alternatives (FAO, 2018).

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 (ITDAS, 2018).

Le projet est réparti sous forme des essais au niveau des services agricoles de différentes régions, au nord : Alger, Guelma, Sétif, Tiaret, Ghilizane qui connaît un échec, au sud :

El Oued, Ouargla, Biskra...etc. (Figure 03).

Les résultats de rendement obtenus en 2015-2016 par instituts de régions sahariennes sont comme suit (Tableau 01):

Tableau 1: Les rendements obtenus par instituts (ITDAS, 2017).

	Biskra	El-Oued	Ouargla
Moyenne	22.50 Qx/ha	07.33 Qx/ha	20.97 Qx/ha



Figure 3: Introduction du Quinoa dans d'environnement des agriculteurs (Site de démonstration) en 2016 (ITDAS, 2017).

I.5.Importance économique de quinoa

La culture de quinoa constitue l'aliment de base des peuples andins d'Amérique du Sud depuis plusieurs milliers d'années.

L'évolution de la production mondiale en tonnes pour les principaux pays producteurs est résumée dans la figure 04. On remarque que la production connaît un développement du 2009 à 2018, tandis que les pays les plus producteurs sont la Bolivie et le Pérou pendant les dix années étudiées alors que l'Equateur .

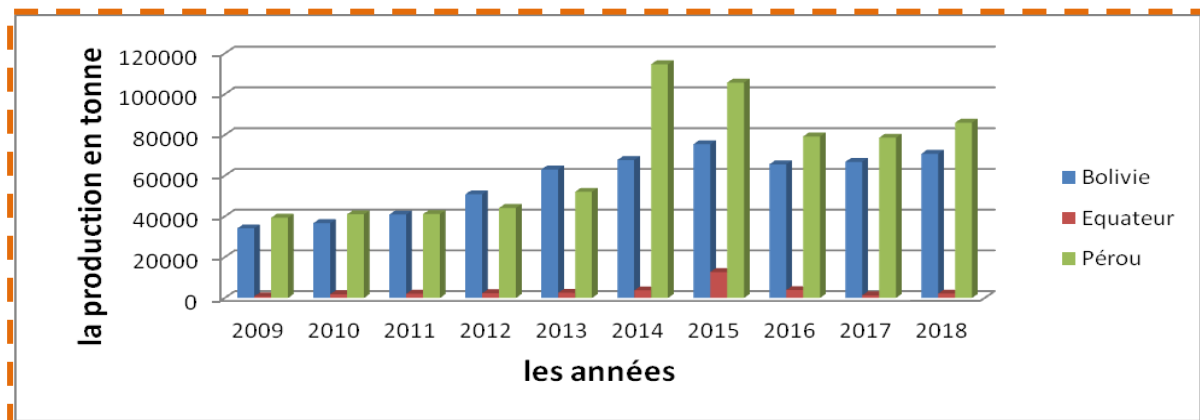


Figure 4:Evolution de la production mondiale du quinoa et les principaux pays producteurs (FAOSTAT, 2020).

I.6.Classification scientifique de quinoa

La classification botanique de quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. est basée sur deux classifications:

L'une est celle de **Cronquist** apparue l'année 1981 qui classe le quinoa dans la famille Chénopodiaceae, et l'autre de APG III en 2009 qui classe cette plante dans la famille Amaranthaceae

I.7.Description botanique

Le quinoa est une plante herbacée autogame annuelle (**Bois et al., 2006; Bazile, 2015**).

Elle est dicotylédone, donc ce n'est pas une vraie céréale mais considérée comme une pseudo-céréale grâce à la richesse des graines en amidon parfois nommées pseudo-graines oléagineuses en raison du taux élevé en lipide (**Cauda et al., 2013; Hager et al., 2014**).

I-7-1. Appareil végétatif**I-7-1-1. Racine**

Le système racinaire de la plante du quinoa est de type pivotant, vigoureux, profond, bien ramifié et fibreux (FAO, 2013).

La profondeur des racines est étroitement liée à la hauteur de la plante (Pacheco et Morlon, 1978).

I-7-1-2. Tige

Elle est cylindrique au niveau du collet, puis anguleuse à partir des ramifications (Del Castillo et al., 2011). Son diamètre peut varier de 1 à 8 cm, et sa hauteur entre 50 cm et 2 m, selon la variété et les conditions culturales (Mujica et al., 2001).

L'épiderme de la tige avec a une couleur variant entre le vert, violette ou rouge selon les variétés et les stades de la plante (Harbillon, 2015).

I-7-1-3. Ramifications

Les branches naissent à l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales, allant de quelques centimètres jusqu'à une longueur équivalente à celle de la tige principale (Jacobsen et Stolen, 1993).

I-7-1-4. Feuilles

Les feuilles sont alternes et se composent d'un pétiole et d'un limbe, le plus souvent, les limbes sont plats mais ils peuvent parfois être ondulés.

Les feuilles inférieures sont grandes, rhomboïdales (en forme de losange) ou triangulaires tandis que les feuilles supérieures sont petites, lancéolées ou triangulaires (Mujica et al., 2001).

La couleur des feuilles varie en fonction des génotypes, elles sont généralement vertes lorsqu'elles sont jeunes puis elles virent au jaune, rouge ou violet (Gallardo et al., 1996).

I-7-2. Organes de reproduction**I-7-2-1. Panicule**

L'inflorescence est une panicule typique, il est composée d'un axe principal d'où émergent des axes secondaires et tertiaires (Risi et Galwey, 1984).

Il y'a deux principaux types de panicule permettent de classer les quinoas, les panicules dites « amaranthiforme » (lâches) et celles dites « glomériformes » (compactes) (**Bazile, 2015**).

I-7-2-2. Fleurs

De petite taille, les fleurs peuvent être hermaphrodites, femelles (pastillées) ou androstériles. La fécondation des fleurs peut se faire par autopollinisation ou par pollinisation croisée (**FAO, 2013**).

I-7-2-3.Fruits et graines

Le fruit est un akène comprenant plusieurs couches, chaque fruit contient une seule graine dont la couleur, la forme et la taille sont variables (**Risi et Galwey, 1984**).

Les grains de quinoa prends des couleurs différentes ; blanche, rouge, jaune, noire, rose et violet (**Chaherli et Saleh, 2015**) (Annexe01).

I.8.Caractères physiologiques

Grace à sa grande variabilité génétique, le quinoa présente des variétés de jours courts, de jours longs ou indifférents à la photopériode ; elle s'adapte facilement à des conditions de luminosités très différentes (**Frere et al., 1975**).

La vitesse de croissance des variétés précoces est plus importante pendant les 60-70 premiers jours. Après 70 jours, les variétés tardives continuent à croître alors que les variétés précoces cessent leur croissance. (**Jacobsen et Stølen, 1993**)

Si l'humidité du sol diminue trop, la plante arrête sa croissance, la tige devient fibreuse et le système racinaire se fortifie, permettant à la plante de résister jusqu'à trois mois de sécheresse.

Dans ces mêmes conditions, le développement de la plante devient plus asynchrone, une partie de la panicule produisant des grains, tandis que d'autres fleurs continuent à se former ou entrent en anthèse (**Mujica et al., 1999**).

I-9.Phénologie du quinoa

Plusieurs échelles de développement ont été décrites pour le Quinoa, telles que celle de **Espindola (1994)** en neuf phases, ou celle de **Mujica et Canahua(1989)** en 12 phases. C'est cette dernière que nous avons choisi de présenter ici. Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade (**Lebonvallet, 2008**).

I-9-1. Stade levée

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

I-9-2. Stade deux feuilles vraies

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

I-9-3. Stade quatre feuilles

La deuxième paire de feuilles vraies se déploie 25 à 30 jours après le semis. Les feuilles cotylédonaire sont toujours vertes.

I-9-4. Six feuilles

L'apparition de la troisième paire de feuilles vraies se produit 35 à 45 jours après le semis, alors que les feuilles cotylédonaire commencent à se flétrir. L'apex végétatif est nettement protégé par les feuilles les plus âgées, en particulier lorsque la plante est soumise à un stress (thermique, hydrique ou salin).

I-9-5. Ramification

Après 45 à 50 jours du semis, on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième nœud. Les feuilles cotylédonaire, jaunies, tombent et laissent une cicatrice sur la tige. L'inflorescence n'est pas encore visible, recouverte et protégée par les feuilles.

I-9-6. Début de formation de la panicule

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

I-9-7. Panicule

L'inflorescence est désormais clairement visible au-dessus des feuilles, ainsi que les glomérules qui la composent. Des boutons floraux individualisés apparaissent, 65 à 70 jours après le semis.

I-9-8. Début de floraison

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

I-9-9. Floraison

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

I-9-10. Grain laiteux

Le grain est qualifié de laiteux 100 à 130 jours après le semis, car un liquide blanchâtre en sort lorsqu'une pression est exercée sur le fruit. Un déficit hydrique pendant cette phase peut entraîner une forte diminution du rendement.

I-9-11. Grain pâteux

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

I-9-12. Maturité physiologique

Le grain, plus résistant à la pression, est à maturité au bout de 160 à 180 jours, avec une teneur en eau inférieure à 15%. Pendant le remplissage des grains depuis la floraison, la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité (**Mujica et Canahua, 1989**).

I-10. Biologie reproductive

Le quinoa est considéré comme une espèce à fertilisation autogame, le pourcentage de fécondation croisée ne dépassant pas 10% (**Del Castillo et al., 2008; Lebonvallet, 2008**).

Chaque fleur reste ouverte de cinq à sept jours, et la floraison d'une panicule complète dure 12 à 15 jours (**Lebonvallet, 2008**).

I-11. Variétés de quinoa

Il existe cinq grands écotypes de quinoa, chacun associé à un agroécosystème andin particulier défini au sein d'un gradient d'altitude et de pluviométrie. Chaque groupe de quinoa présente des caractéristiques spécifiques du fait des différences dans les conditions de milieu et dans les pratiques agricoles associées (**Bazile, 2015**).

- ✚ quinoas des vallées arides (Junin) et des vallées humides (Cajamarca).
- ✚ quinoas de l'Altiplano (blancs autour du lac Titicaca et colorés dans la zone agro-écologique de Suni).
- ✚ quinoa des déserts de sel (sud de la Bolivie).
- ✚ quinoas du niveau de la mer au Chili.
- ✚ quinoa des zones tropicales.

I- 12.Itinéraire technique

La conduite culturale pour la production de cette culture est généralement limitée à la préparation du sol (terrain de travail), au semis, à la fertilisation, au contrôle des mauvaises herbes et à la récolte.

Le quinoa est une culture d'automne avec des périodes végétatives variant entre 150 et 200 jours selon les régions et les variétés (**Lebonvallet, 2008**).

I-13. Exigences de la plante**I-13-1. Exigences climatiques**

La culture du quinoa est bien adaptée à des conditions climatiques froides et arides (**Rodriguez, 2006**). Supporte des températures comprises entre -4°C et 38°C (**Pedersen et Tingvoll, 2013; Lutz et Bascuñán Godoy, 2017**). Les températures optimales sont entre 15°C et 20°C (**Pedersen et Tingvoll, 2013**). Le quinoa est très sensible aux fortes températures au stade floraison ; celles supérieures à 35°C peuvent conduire à la dormance et la stérilité du pollen (**Cercam, 2014**).

I-13-2. Exigences édaphiques

Le quinoa pousse bien sur des sols limono-sableux à sablo-limoneux. En Amérique du sud, le quinoa est cultivé sur des sols peu ou trop drainés, de faible fertilité, très acides (pH4.8) ou alcalins (pH8.5) (**Benlhabib, 2005**). Elle est possible sur des sols à alcalinité élevée

(Rodriguez Calle, 2006). C'est une plante économe en eau (Bioversity International et FAO, 2013).

La température optimale du sol pour la germination des graines de quinoa est de 8-10 °C. Il est important que le sol soit humide et bien structurée (préparation un lit de semis) car la petite taille des graines augmente la sensibilité de germination (Yazar et Ince Kaya, 2014).

I-14. Mode de semis

I-14-1. Préparation du sol et semis

Le quinoa ne supporte pas les sols compactés et hydromorphes. La préparation du sol doit être fine et soignée (Lebonvallet, 2008).

Le nivellement peut être réalisé au moyen de barres de fer ou de grosses planches. Elle est importante pour la réussite de la levée, l'aération et l'homogénéité du sol (Castillo, 2008).

Comme les céréales d'automne, le quinoa doit être semé en Octobre-novembre pour profiter de la saison des pluies, des jours courts et de la fraîcheur des températures et aussi pour éviter les grandes chaleurs au stade floraison. La germination a lieu 24 heures après le semis et les jeunes plantules émergent 3 à 5 jours plus tard. Le quinoa ne germe souvent pas quand la température est élevée. Une semaine de vernalisation à 4°C dans un réfrigérateur améliore significativement le taux de levée (Benlahbib, 2005).

I-14-2. Mode et dose de semis

La profondeur de semis doit être située entre 1 à 2.5 cm selon le type de sol et son humidité.

La taille des graines les rend sensible à la dessiccation en surface et au risque d'asphyxie en profondeur. L'écartement entre lignes est varié avec un minimum de 35 cm. Le peuplement d'environ 320000 pieds/ha est optimal sous des conditions favorables de culture. La dose de semis correspondante se situe entre 0.55 à 0.85 kg/ha. Cette dose doit être doublée sous des conditions de levées contraignantes (Benlahbib, 2005)

I-14-3. Conduite de culture (Champ conduit)

I-14-3-1. Fertilisation

Le quinoa répond positivement à un rapport modéré d'azote. Un apport excessif d'azote retarde la maturation et diminue le rendement au profit de la croissance végétative.

Apportez 92 Unités/ha d'azote en zone de plus de 600mm de précipitation et en zones irriguées, dans les zones où les précipitations sont entre 400 et 600 mm apportez 46 Unités/ha. (Benlhabib, 2005).

I-14-3-2. Besoins en eau

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 (Benlhabib, 2005).

I-14-4. Ennemis de la culture

I-14-4-1. Contrôle des mauvaises herbes

Le contrôle des mauvaises herbes n'est pas sans difficulté puisque le quinoa pousse très lentement pendant les deux premières semaines et que la majorité des espèces adventices sont des dicotylédones. Le semis tardif favorise la compétition entre espèces puisque la culture de quinoa est déjà bien établie à leur émergence (Benlhabib, 2005)

I-14-4-2. Les ravageurs

Le quinoa est affecté par des facteurs biotiques comme les maladies et les insectes qui réduisent considérablement le rendement et la qualité du produit (Castillo, 2008).

La principale maladie rencontrée chez le quinoa est le mildiou (*Peronospora farinosa*).

Il constitue une contrainte importante à la production du quinoa puisqu'il entraîne une baisse de rendement significative (Herbillon, 2015).

D'autres maladies ont été signalées comme la fusariose (*Fusarium*), la pourriture des semences et la fonte des semis (*Sclerotium rolfsii*, *Pythium zingiberum*), les tâches foliaires (*Ascochyta hyalospora*) ou encore la pourriture brune de la tige (*Phoma exigua* var. *Foveata*) (Danielsen et al, 2003).

Plusieurs insectes et ravageurs peuvent attaquer la culture de quinoa du stade germination jusqu'à la récolte et le stockage des graines comme les altises et les chenilles. Le contrôle des insectes se fait par voie chimique ou naturelle (pièges, bio-insecticides) (Castillo, 2008).

I-15. Récolte

La récolte du quinoa commence quand les graines se détachent facilement par simple pression entre les mains. Les plantes à maturité sont coupées ou arrachées, mises en gerbes regroupées ou non par variétés (selon la quantité, le temps et la main d'œuvre disponibles), et laissées à sécher sur les parcelles pendant 30 à 45 jours (**Lebonvallet, 2008**).

I-16. Mécanismes de résistance chez le quinoa

La large distribution géographique du quinoa témoigne de la grande faculté d'adaptation qui a dû développer divers mécanismes de défense afin de résister à la sécheresse fréquente (tableau 02), au gel, au vent, au sel, mais aussi aux différentes maladies, parasites et ravageurs s'attaquant aux cultures (**Herbillon, 2015**).

I-16-1. Résistance à la salinité

Le quinoa présente une tolérance au sel. Pour la plupart de variétés, la production est plus élevée dans des conditions modérément salines que dans des conditions non salines, ce qui fait du quinoa un halophyte facultatif (**Bosque et al., 2003**).

I-16-2. Résistantes au vent

les variétés de quinoa de petite taille avec une tige épaisse et un système racinaire bien développé peuvent plus facilement résister au vent (**Mujica et al., 2001**).

I-16-3. Résistantes à maladies, parasites et ravageurs

La maladie la plus rencontrée chez le quinoa est le mildiou, mais il n'apparaît pas au climat sec (**Lebonvallet, 2008**).

La forte teneur en saponine de la graine lui rend moins sensibles aux attaques d'oiseaux ou de parasites, grâce à son goût amer et sa toxicité pour les animaux de petite taille (**Tapia et al., 2000**).

Tableau 2: Mécanismes de résistance et de tolérance du quinoa à la sécheresse et au froid (d'après Mujica et al., 2001).

Types de mécanismes	Froid	Sécheresse
Morphologique	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Chute de feuille. ✚ Réduction de la taille des feuilles. ✚ Réduction de la taille de la plante. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Réduction de la taille des plantes entières ou des feuilles. ✚ Réduction de la surface foliaire par perte de feuilles. ✚ Plasticité du développement et de la croissance.
Physiologique	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Osmo régulation de la formation de glace dans l'apoplaste et résistance au sous refroidissement 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Plus grande résistance stomatique. ✚ Récupération rapide des capacités photosynthétique après une période de sécheresse. ✚ Faible taux de transpiration. ✚ Concentration sur les organes jeunes de cristaux d'oxalate de calcium réfléchissant la radiation solaire et favorisant la rétention d'humidité atmosphérique.
Anatomique	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Stomates moins nombreux et plus grands. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Plus grand développement racinaire(en densité et profondeur). ✚ Réduction du nombre et de la taille des stomates.
Biochimique	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Accumulation de métabolites solubles, proline et protéines). 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Présence d'oxalate de calcium dans les feuilles, tiges et panicule. ✚ Thermo stabilité des cellules. ✚ Plus grande production d'acide abscissique(ABA). ✚ Translocation des ions K et Ca des cellules stomatiques

I-17.Valeurs nutritives

Le grain du quinoa possède une valeur nutritive élevée (Lebonvallet, 2008). Du point de vue nutritionnel, le quinoa apporte autant d'énergie que les aliments utilisés de façon similaire, comme les haricots, le riz, le maïs ou le blé. Il est en outre une source importante de protéines de qualité, de fibres alimentaires, d'acides gras et de sels minéraux. Il contient davantage de sels minéraux que la majorité des autres céréales (Cercam, 2014).

I.18.Utilisations

Avant d'utiliser le quinoa dans la consommation humaine ou animale, les graines sont soit lavées ou polies pour éliminer la saponine du péricarpe (Benlhabib, 2005).

Il existe divers utilisations au quinoa, on peut citer :

- ✚ **Alimentation humaine** : On peut consommer les graines, les feuilles tendres jusqu'au début de la panicule (teneur en protéines peut atteindre 33% de la matière sèche) (Cercam, 2014) ;
- ✚ **Industrie alimentaire** : les graines peuvent être transformées, à la façon des céréales, pour donner des pseudo-céréales complètes, une farine brute ou toastée (après rôtissage des graines), des flocons, de la semoule et une poudre instantanée qui peuvent servir à la préparation de nombreux plats, ou boissons (Bazile, 2015);
- ✚ **Alimentation animale** : la plante de quinoa est utilisée en complètement dans l'alimentation animale comme forage vert. Les résidus de la récolte sont intégrés dans l'alimentation des bovins, ovins, porcs, chevaux, volailles (Bazile, 2015);
- ✚ **Utilisations médicinales** : l'utilisation de ses différentes parties (feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires, fractures, d'hémorragie internes (Cercam, 2014; Bazile, 2015);
- ✚ **Autres utilisations industrielles** : Au quinoa est associé toute une gamme de sous produits destinés à l'alimentation, à la cosmétique, aux applications pharmaceutiques et à d'autres utilisations (Herbillon, 2015).

Quinoa

Partie II:

Partie expérimentale



Quínoa

Chapitre II:

*Présentation de la région
d'étude*



Chapitre II:Présentation de la région d'étude

II-1.Situation et limites géographiques :

La wilaya d'Ouargla se situe au Nord-est de l'Algérie sur une superficie de 163,233 km², à environ 800 Km de la capitale Alger. Elle se trouve au fond d'une large cuvette de la vallée de l'Oued M'ya(**Rouillois-Brigol, 1975**). Ses coordonnées géographiques sont :

✚ latitude 31°58' Nord, longitude 5°20' Est ;

✚ une altitude moyenne de 157 m

La wilaya est limitée (**A.N.D.I, 2013**):

✚ Au Nord-est par la wilaya d'El oued ;

✚ Au Nord-ouest par la wilaya de Djelfa ;

✚ Au Sud-est par la wilaya d'Illizi ;

✚ Au Sud-ouest par la wilaya de Ghardaïa.

II-2.Climat

Le climat saharien se caractérise par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et une grande amplitude thermique (**Berkal, 2016**).

D'après (**Rouillois-Brigol, 1975**) le climat de Ouargla est un climat particulièrement contraste. L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air.

II-3. Facteurs climatiques

Les données climatiques relevées au niveau de la station météorologique d'Ouargla durant la période allant de 2010 à 2019 sont reportés dans le (Tableau03)

Tableau 3: Les données climatiques relevées au niveau de la station météorologique d'Ouargla durant la période allant de 2010 à 2019

Mois	T°			U (%)	FX (km/h)	RR (mm)	EVA (mm)	INS (heurs)
	T	T	T					
	min(c°)	max(c°)	moy(c°)					
Janvier	4,3	20,6	12,5	53,22	6,50	59,15	62,12	60,64
Février	6,2	21,6	13,9	47,7	5,89	53,34	56,16	54,75
Mars	10	26,5	18,3	41,92	5,24	47,21	49,85	48,53
Avril	14,8	32	23,4	35,53	4,46	40,11	42,39	41,25
Mai	19,7	36,1	27,9	30,74	3,89	34,85	36,9	35,87
Juin	24,4	41,2	32,8	26,07	3,27	29,42	31,09	30,26
Juillet	27,7	44,5	36,1	22,29	2,79	25,12	26,54	25,83
Août	27,2	43	35,1	27,14	3,44	30,77	32,59	31,68
Septembre	23,1	39,2	31,2	34,95	4,4	39,48	41,75	40,61
Octobre	16,6	32,7	24,7	41,15	5,11	46,13	48,62	47,37
Novembre	9,9	25,1	17,5	50,02	6,13	55,68	58,51	57,1
Décembre	5,6	20,1	12,9	58,47	7,02	64,37	67,32	65,84
Moyenne	15,8	31,88	23,8	39,1	4,85	*525,63	553,84	539,73

* : cumul

(O.N.M Ouargla, 2020).

II-3-1.Température

Elle est très élevée et peut dépasser 44°C en maximum de température, tandis que le mois le plus chaud est le mois de Juillet (36.1°C) et le mois le plus froids est le mois de Janvier (12.5°C) en moyenne de température(Tableau03).

II-3- 2.Humidité

Ce facteur connaît une variabilité dans la région d'Ouargla en fonction des saisons ; Le taux le plus élevé d'humidité est enregistré en le mois de Décembre (58.47%) et le plus bas en le mois de Juillet (22.29%)

II-3-3.Vents

Dans la région d'Ouargla, les vents sont fréquents durant toute l'année, surtout en le mois de Décembre avec une vitesse de 7 km/h.

II-3-4.Précipitation

Les précipitations sont très rares, tombent notamment en mois de Mars 5.7 mm .

II-3-5.Evapotranspiration

La région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, elle est en moyenne de 455.4 mm au mois de Juillet et le minimum pour le mois de Décembre 87.9 mm .

II-3-6.Insolation

La région d'Ouargla est caractérisée par une forte insolation. La durée d'insolation moyenne annuelle est de 270.6 heures/an.

II-4. Synthèse climatique**II-4-1.Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls**

La figure 05 représente les variations mensuelles des températures et des précipitations pendant une période de 10 ans. On constate que $P < 2T$ durant toute l'année ce qui révèle la présence d'une seule période sèche qui s'étale sur toute l'année.

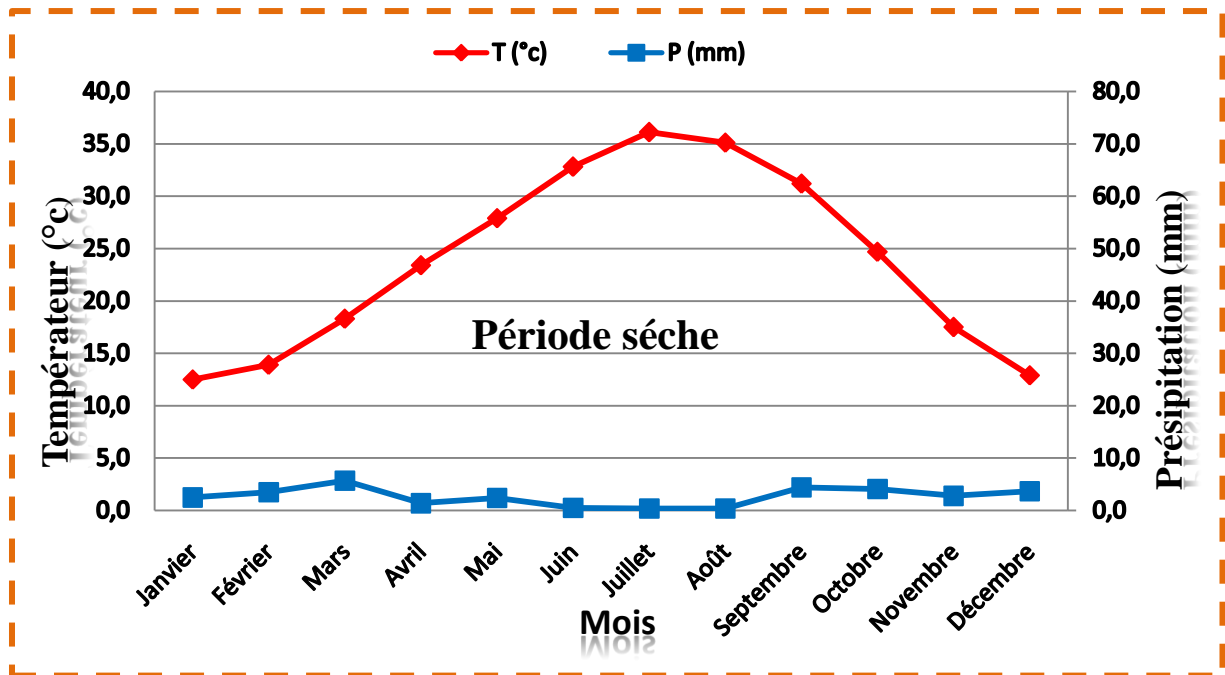


Figure 5: Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région d'Ouargla 2010-2019.

II.4.2. Climagramme d'Emberger

Grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) spécifique au climat méditerranéen, ce climagramme permet de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique (figure06).

Ce quotient est déterminé par la Formule de (Stewart, 1969) lequel :

$$Q2 = 3.43 \times P / (M - m)$$

- ✚ Q2 : le quotient pluviométrique d'EMBERGER ;
- ✚ P : cumul pluviométrie annuelle moyenne en mm ;
- ✚ M : température moyenne maximale du mois le plus chaud ;
- ✚ m : température moyenne minimale du mois le plus froid ;
- ✚ 3,43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

Après l'application de la formule de ce climagramme (Q2= 3.73) on distingue que la région d'Ouargla est classée dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux.

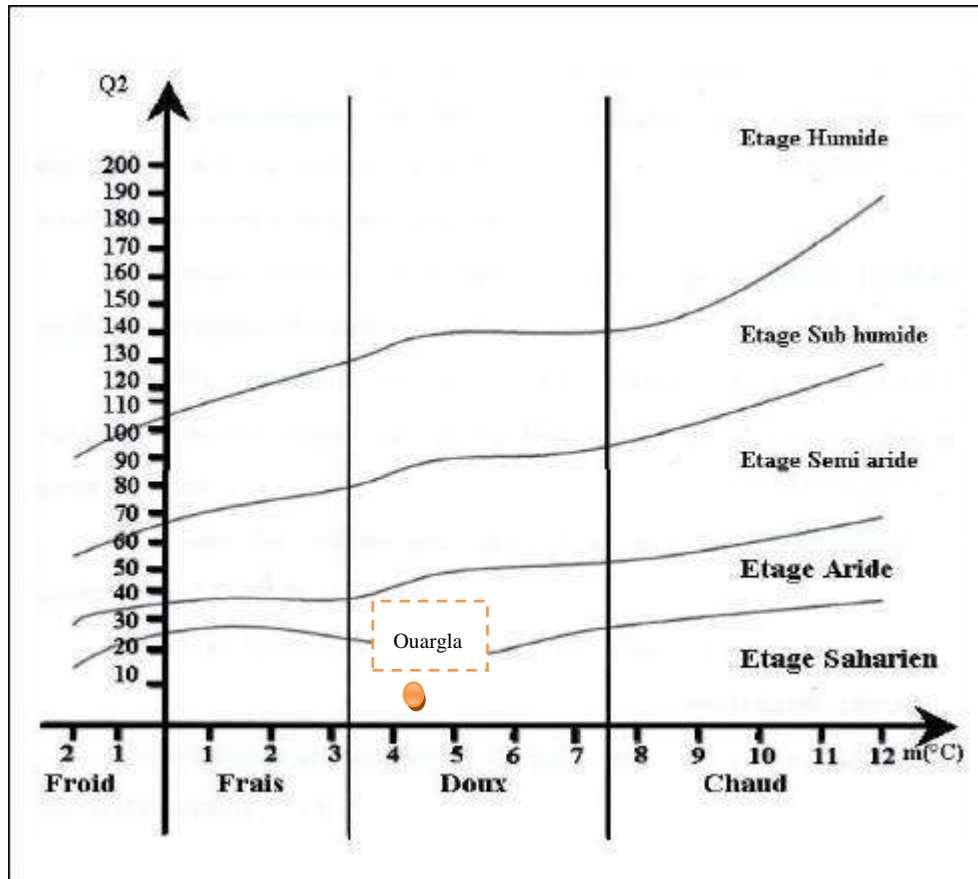


Figure 6: Situation de la région d'Ouargla au niveau du climagramme d'Emberger.

II-4-3.Hydrologie

Les réserves hydriques qui existent dans la région d'Ouargla sont essentiellement constituées de 04 nappes aquifères qui sont, les nappes phréatiques, miopliocène, sénonien, et albienne dont leurs profondeurs vraies entre un mètre et 1800 mètres (Azib, 2010).

II-4-4.Pédologie

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose de classes différentes telles que : les sols minéraux, sols peu évolués, sols halomorphes et les sols hydromorphes (Bneder, 1999).

La région d'Ouargla se caractérise par une grande hétérogénéité de sols. (Daoud et Halitim, 1994)

Dans la cuvette de Ouargla, les sols sablo-limoneux sont généralement plus siliceux en surface en raison de l'entraînement du gypse dissous vers les horizons profonds du sol. **(Berkal, 2016)**

II-4-5.Géologie

Le relief de Ouargla est constitué des roches sédimentaires, alluvions et colluvions dérivées des Marnes jaunâtres plus ou moins gréseuses, salées et gypseuses, Calcaires jaunâtres ou ocre, gréseux ou marneux, Argiles sableuses rouges à ocres, salées et gypseuses, Grés, sables et conglomérats, Calcaires lacustres et les sables récents du quaternaire **(Boutelli, 2012)**.

II-4-6.Topographie

La pente générale de la vallée est légèrement inférieure à 1%. Néanmoins, elle reste variable par endroit.Elle est de 2% du pied du Djebel Abbad à la rive de la Sebka de Ouargla, par contre, au nord de la Sebka jusqu'à la palmeraie de N'Goussa, la pente est régulière et se situe autour de 1. 8%.Après le seuil de N'Goussa, la topographie devient pratiquement plane jusqu'aux rives de la sebka Safioune où la pente est réduite à 0.6% **(Rouvilis-brigol, 1975)**.

Quinoa

Chapitre III:

Matériels et méthodes



Chapitre III: Matériel et Méthodes.

Le quinoa est testé en vue de son introduction en tant que culture importante dans l'amélioration du niveau de sécurité alimentaire. Les essais d'introduction de cette espèce sont réalisés en vue d'étudier son comportement phénologique et ses potentiels de production dans différentes zones agro-écologiques.

Avant d'exposer les différents résultats obtenus concernant les mesures effectués sur la plante et les analyses sur le sol et l'eau d'irrigation, nous présentons d'abord le matériel utilisé ainsi que les méthodes appliqués pour réaliser notre essai.

Objectif

Objectif de notre travail est étudier le comportement de trois variétés/populations de quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. Giza1 et Q101et Q102 dans les conditions édapho-climatiques de la région d'Ouargla.

I-Présentation du site d'expérimentation

I-1. L'exploitation de l'ITAS

Cette étude a eu lieu au niveau de l'exploitation expérimentale de l'université KASDI MERBAH Ouargla pendant la campagne agricole 2019/2020. La palmeraie est située au sud-ouest d'Ouargla, à une altitude comprise entre 132,5 et 134m, une latitude de 31°56'Nord et une longitude de 5°17'Est.

Elle s'étend sur une superficie de 32 hectares mais 14 hectares seulement sont aménagés et répartis sur quatre secteurs notés A, B, C et D, ils sont cultivés principalement avec du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) (Berkal, 2016).

Notre expérimentation est effectuée dans la parcelle B2-1 dont elle cultivée avec du palmier dattier peu entretenue, irriguée occasionnellement (figure07). Notre site a été déterminé par Google Earth

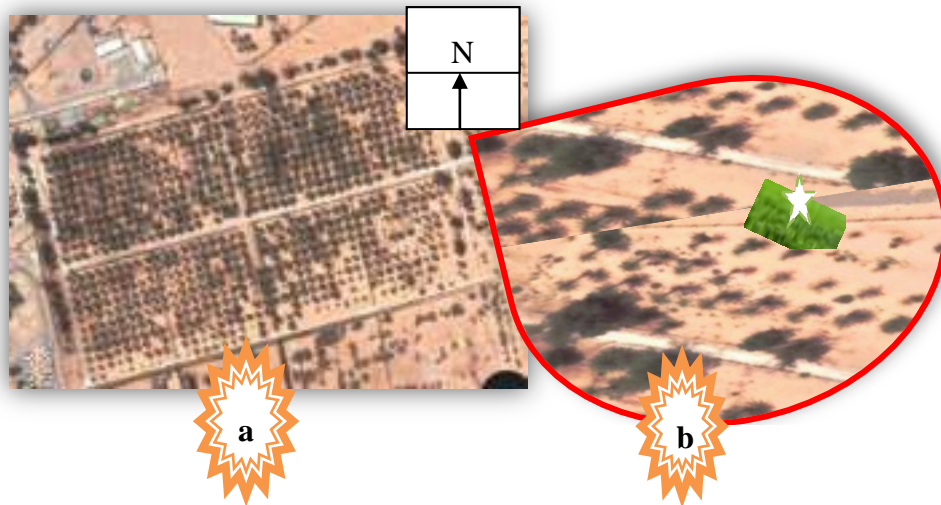


Figure 7 :a. Situation de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla ; **b.** Site expérimental (Google Earth, 2020)

II-Matériel d'étude

II-1. le caractérisation du sol de site expérimental

Dans le but de caractériser le sol du site expérimental, nous avons effectués des analyses physiques et physico-chimiques de ce sol à savoir la granulométrie, le pH et la conductivité électrique.

II-2. Eau d'irrigation

Deux paramètres à savoir le pH et la conductivité électrique (mS/cm) ont été mesuré respectivement par un pH-mètre et un conductimètre.

II-3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de trois variétés de quinoa (figure 08) testées durant la campagne agricole 2019-2020. Ces graines ont été obtenues à partir des différents essais effectués à l'ITIDAS durant les campagnes 2017-2018, qui elles-mêmes proviennent de la FAO.

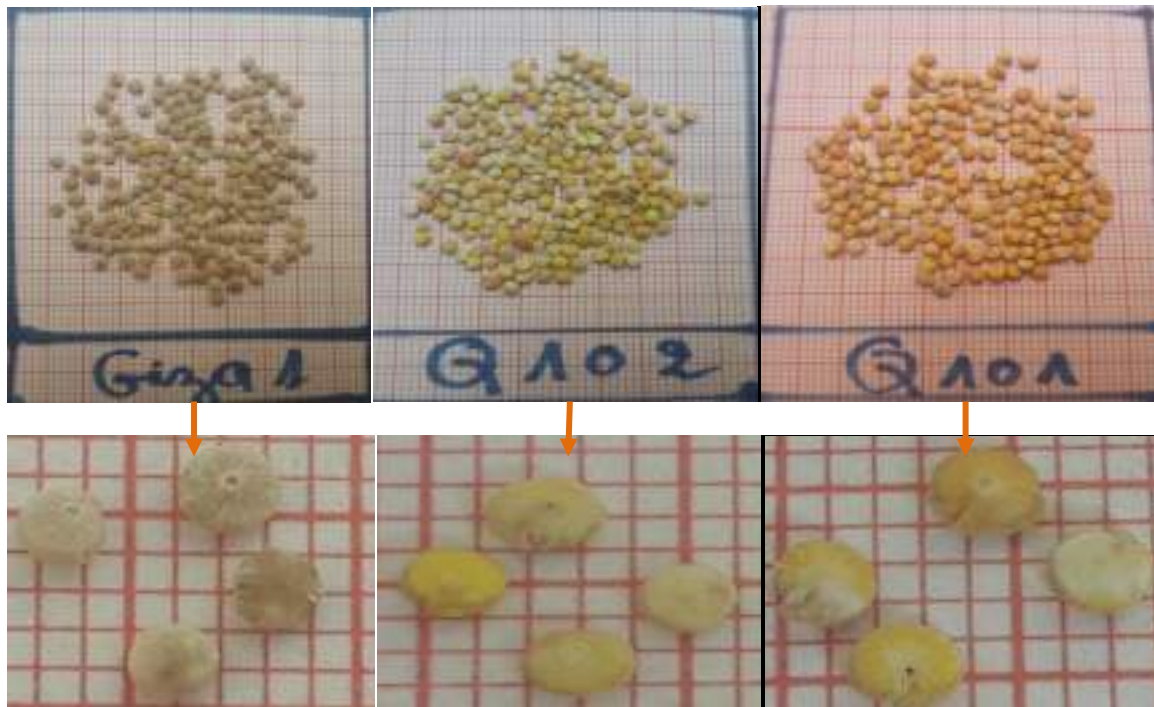


Figure 8: Graines de quinoa utilisées.

Dans le tableau 04 sont mentionnées quelques caractéristiques des variétés utilisées durant l'expérimentation:

Tableau 4: Identification des variétés utilisées.

Identificateur	Code	Source	Lignée	Origine
V1	Q101 (<i>Amarilla Marangani</i>)	Pérou	variété Population	Pérou
V2	Giza1	Egypte	variété Population	Bolivie
V3	Q102 (<i>Amarilla Sacaca</i>)	Pérou	Variété	Pérou

- **Test de germination**

Nous avons fait un test de germination (Annexe03) pour déterminer le pourcentage des graines susceptibles de germer en suivant ses étapes :

- ✚ Disposer un papier filtre au fond d'une boîte de pétri ;
- ✚ Humidifier le papier filtre avec un vaporisateur (l'eau distillée) ;
- ✚ Désinfectées les semences avec quelques gouttes de l'eau de javel dilué pendant 2 min, puis rincer avec l'eau distillée et enfin séchées avec des compresses stériles.

- ✚ Tapissées avec un papier filtre imbibé par l'eau distillée ;
- ✚ Placer les semences à tester, de manière homogène sur le papier ;
- ✚ Placer le contenant dans des conditions normales, pendant 24 heures.

Le taux de germination est déterminé par le rapport entre le nombre de gains germés sur le nombre total des grains selon la relation suivante (Côme, 1970):

$$\text{Taux de germination(\%)} = (XT/N) \times 100$$

- ✓ **XT**: nombre des gaines germées;
- ✓ **N**: nombre totale des gaines.

III-Méthodes d'étude

III-1. Protocole expérimental

III-1-1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental(Figure08) adopté pour notre expérimentation est un bloc aléatoire complet avec trois répétitions(Tableau05).

Tableau 5: les caractéristiques de dispositif expérimental utilisé.

Superficie totale de l'essai	160m ²
Nombre des blocs	03
Nombre des répétitions	03
Nombre des parcelles	09
Surface de chaque micro parcelle	8m ² (2m x 4m)
Espacement entre les parcelles	1m
Espacement entre les parcelles et les bordures	1m
Nombre de lignes par micro parcelle	05
Nombre des plants par lignes	19
Nombre des plants par bloc	285

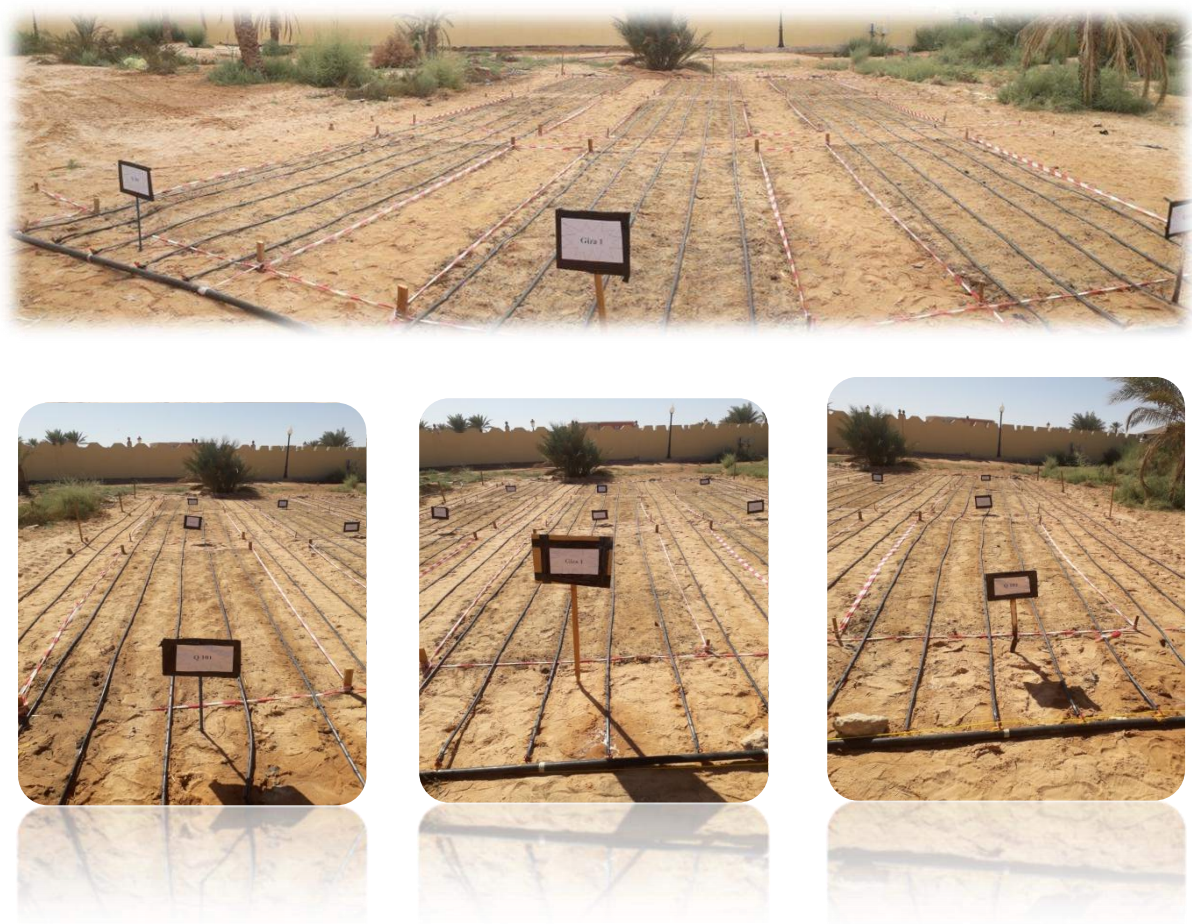


Figure 9-Les parcelles élémentaires dans le site expérimental.

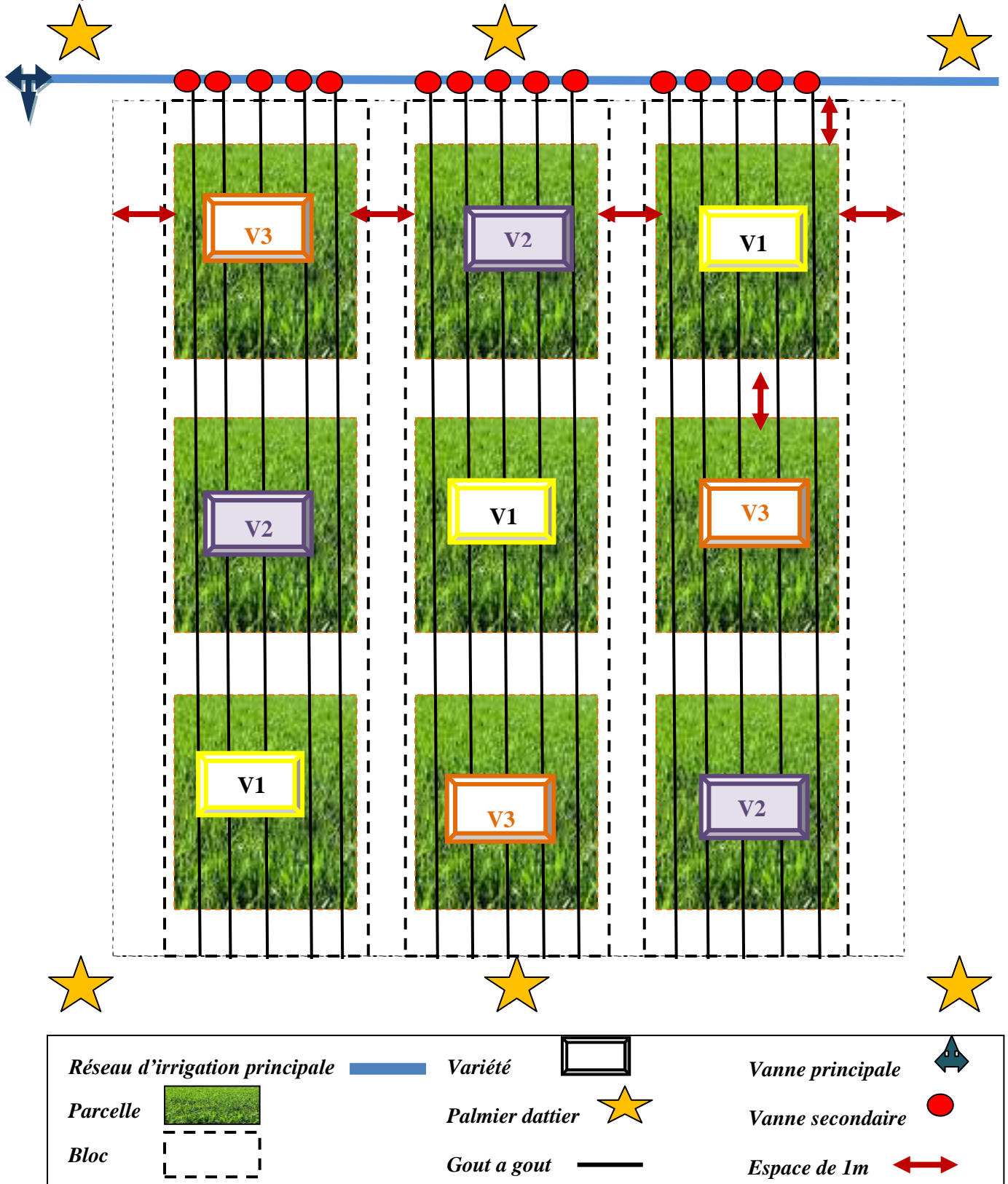


Figure 10: Schéma du dispositif expérimental.

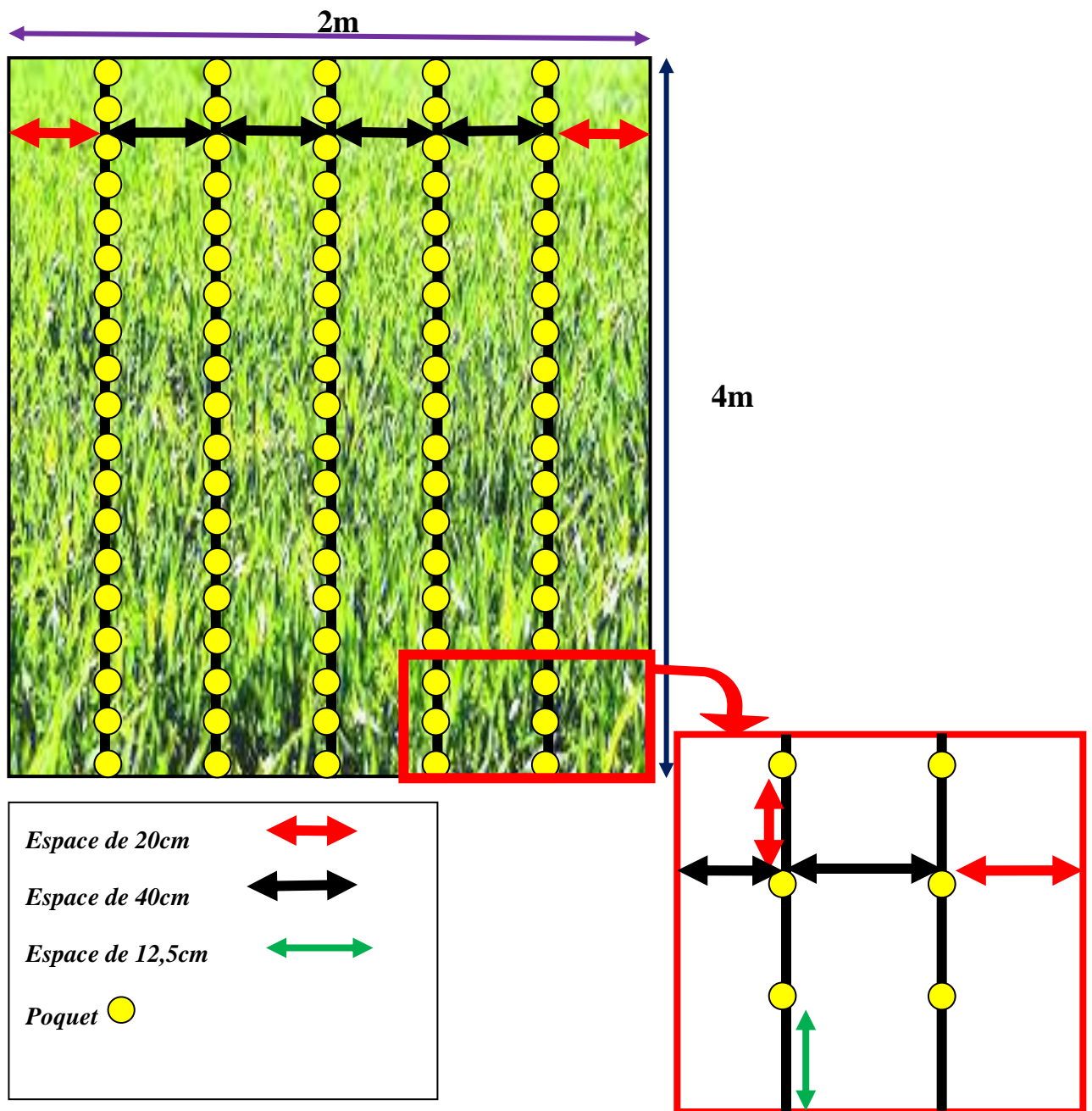


Figure 11: Schéma détaillé d'une parcelle élémentaire.

III-1-2 Conduite de la culture

Les mesures agronomiques sont l'ensemble des conduites culturelles qui doivent être bien choisies et le suivre durant tout le cycle végétatif de la culture, appartient directement à la réduction de la pression des maladies et optimiser des rendements (Tableau 06).

Tableau 6: Principales caractéristiques des essais durant l'expérimentation.

Les opérations	Dates, outils et doses utilisées
Précédent cultural	Il n'y a pas un précédent cultural.
Labour	Effectué le 04/10/2019 d'une manière mécanique avec une Charrue à soc de profondeur 35 cm.
Nivellement	Réalisé manuellement en 07/10/2019 pour préparer le lit de semence (Figure 11).
Système d'irrigation	Goutte à goutte.
Date d'installation de système d'irrigation	Réalisé personnellement en 07/10/2019 (Figure 12).
Fertilisation de fond	En 08/10/2019 on donne (30 t/ha) (brouettes de 24 kg/ micro parcelle) de fumier de bovin et caprin. [1] (Figure 13)
Pré-irrigation	En 09/10/2019 dans le but de la décomposition de la matière organique.
Date de semis	Réalisé manuellement le 17 Octobre 2019 (Figure 14).
Profondeur de semis	2.5 cm réalisé avec un outil manuel.
Dose de semis	3 graines/poquet(0.92 kg/ha).
Opération de l'irrigation	Organisée selon un calendrier d'irrigation (Annexe02).
Fréquence d'irrigation	Effectuée deux fois par semaine jusqu'à la fin de stade graine pâteux on la réduit.
Fertilisation azotée	51 kg/ha fractionnée en 03 fois pendant la croissance. (40.8 g/ 8 m ²) [2]
Désherbage	Réalisé manuellement au fur à mesure de l'apparition des mauvaises herbes.
Maladies et ravageurs	Observation l'apparition des ravageur et suivre l'évolution pour l'identification.
Récolte	Effectuée manuellement le 23/02/2020 pour la variété Giza1 et pour Q101et Q102 le 16/04/2020 (Figure 16).

[1]: On a utilisé 24Kg/8m² parce que le quinoa est un plante qui n'est pas exigeante comme les cultures maraichères. Dans les régions sahariennes on apporte entre 30 à 60qx/ha de la matière organique.

[2] : selon la fiche technique de l'ITDAS.



Figure 12: Le nivellement de site de l'essai.

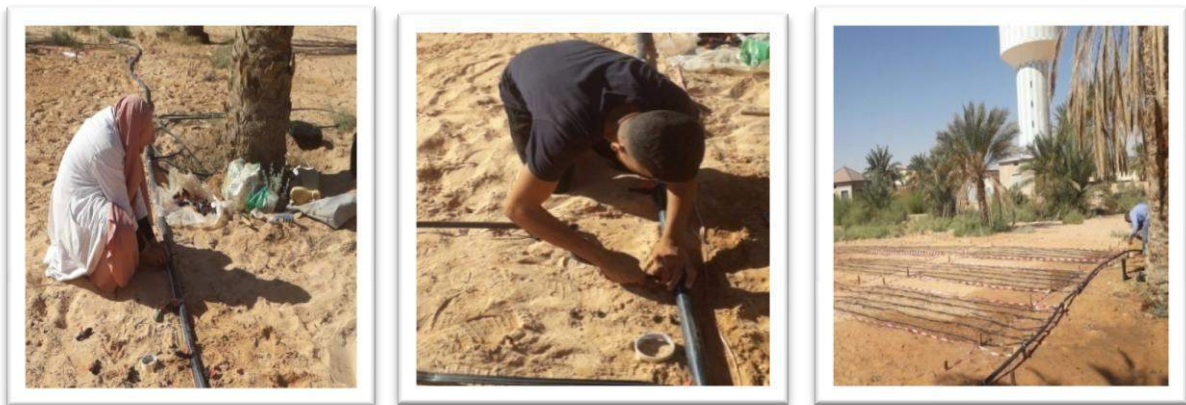


Figure 13: Installation du système de goutte à goutte.



Figure 14: Amendement organique des parcelles.



Figure 15: Opération de préparation des poquets et du semis.



Figure 16: Les parcelles avant et après la récolte de quinoa.

III-2. Paramètres à étudiés

Afin d'assurer le bon développement des plantes, nous avons effectué un démariage des plantes qui ne sont pas bien développées, nous avons pris le soin de laisser une seule plante.

Le suivi du comportement des trois variétés du quinoa dans les conditions des régions arides a été basé sur plusieurs paramètres :phénologique, croissance (morphologique), physiologique et de rendement.

III-2-1 Paramètres phénologiques

Un suivi et des notations de la durée des stades phénologiques a été effectué pour chacune des variétés. Il s'agit de repérer et de compter le nombre de jour, après semis, correspondant à chaque stade de croissance des génotypes. Comme il existe plusieurs stades de développements, nous avons choisi celui de Mujica et Canahua (1989) qui proposent 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:

- ✚ Levée;
- ✚ Deux feuilles;
- ✚ Quatre feuilles;
- ✚ Six feuilles;
- ✚ Ramification;
- ✚ Début de formation de la panicule;
- ✚ Panicule;
- ✚ Début de floraison;
- ✚ Floraison;
- ✚ Grain laiteux;
- ✚ Grain pâteux;
- ✚ Maturité physiologique.

Il était nécessaire de faire le suivi des stades repères afin de pouvoir corrélérer le cycle végétatif aux conditions climatiques de notre région.

III-2-2. Les paramètres de croissance**III-2-2-1. Nombre des plantes levées par parcelle**

Après la levée, on compte les plants qui apparaissent dans chaque parcelle.

III-2-2-2. Nombre de ramification panicule par plante

A la maturité, au niveau de chaque parcelle, on choisit dix plants au hasard (en évitant les bordures) et on compte le nombre de panicules par plant.

III-2-2-3. Hauteur des plants

A la maturité, au niveau de chaque parcelle, on choisit dix plants au hasard (en évitant les bordures) et on mesure la hauteur de la tige principale(Figure17).



Figure 17: Mesure de la hauteur des plantes de quinoa.

III-2-2-4. Diamètre de la tige principale

Le diamètre de la tige de quinoa est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse en mm après la récolte pour les mêmes plantes des paramètres précédente(Figure18).



Figure 18: Mesure du diamètre des plantes par un pied à coulisse.

III-2-2-5. Surface foliaire

La surface foliaire a été déterminée en prenant cinq feuilles supérieures au de chaque parcelle, pour déterminer la surface foliaire on a suivi les étapes suivantes (Adjal, 2006)(Anexe06):

1. Placer les feuilles sur le papier,
2. Découper les contours de la feuille,
3. Peser la partie représente la feuille (pf),
4. Déterminer le poids du papier (Pp) correspondant à une surface (Sp) connue du même papier,
5. Déduire la surface de la feuille (SF) par la formule suivante:

$$SF = (pf \times Sp) / Pp$$

III-2-2-6. Mesure du système racinaire

L'étude des systèmes racinaires est effectuée au stade maturité en creusant des fosses en bordure des parcelles (Figure 19). L'opération est réalisée une seule fois pour chaque variété dans chaque grande parcelle. Pour caractériser les enracinements des plantes, on a suivi la technique décrite par Tardieu et Manichon (1986). Les fosses sont creusées perpendiculairement qui doivent être bien préparées. On a enlevé toutes les racines visuelles et mesuré la longueur d'enracinement en (cm).

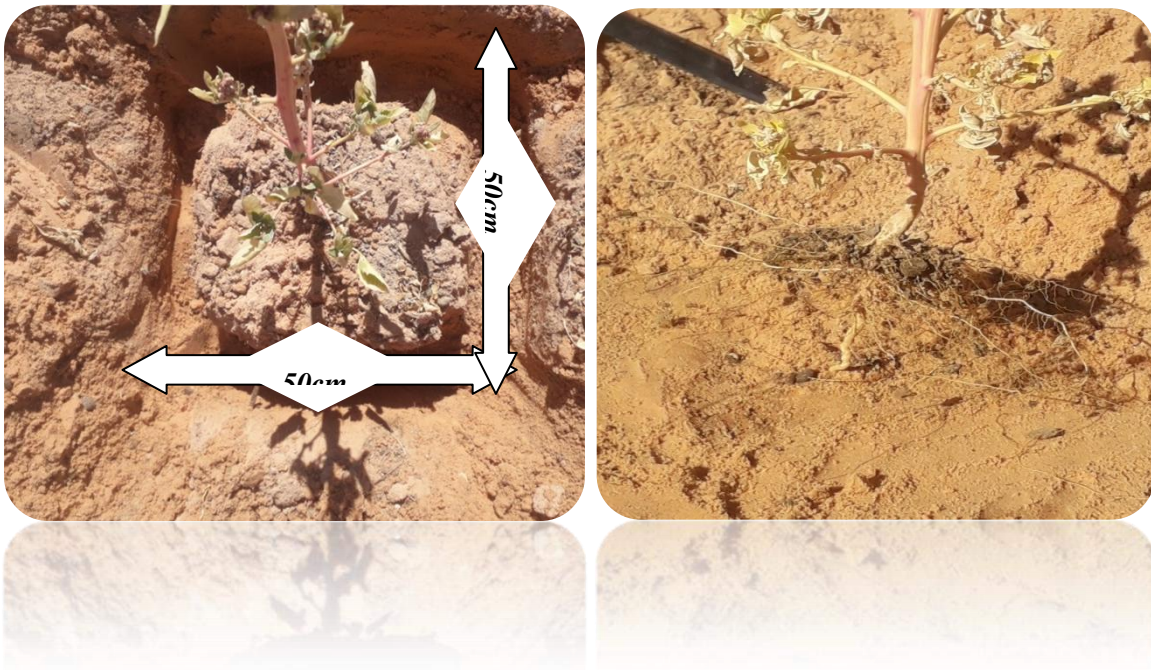


Figure 19: Fosse creusée pour l'étude du système racinaire.

III-2-3. Notations

III-2-3-1. Couleur de panicule principale

On note la couleur des panicules pour chaque variété au stade de panicule, floraison et de maturité physiologique.

III-2-3-2. Port de la plante

1. Simple (une tige principale avec une seule panicule) ;

2. Ramification jusqu'au tiers inférieur (il y a une tige principale avec une panicule principale et des tiges secondaires dans le premier tiers de tige principale);
3. Ramification jusqu'au deuxième tiers (la même chose avec le précédent mais les tiges secondaires arrivent à deuxième tiers la tige principale);
4. Ramification avec panicule principale non définie (l'absence de la tige principale définie mais il y a des tiges secondaires qui sont de la même longueur et sortent du même point).

III-2-3-3. Forme de la panicule principale

A la maturité, on note la forme des panicules pour chaque variété.

1. Glomériforme (présence de glomérules dans les axes glomérulaires de forme globuleuse);
2. Intermédiaire (présence des deux formes);
3. Amarantiforme (présence de glomérules directement dans l'axe secondaire de forme allongée).

III-2-4. Paramètres liés au rendement

III-2-4-1. Poids de la panicule principale

A la maturité, la panicule principale de 10 plantes est coupée et pesée à l'aide d'une balance (Figure 20).



Figure 20: Mesure le poids de panicule principale.

III-2-4-2. Poids de mille graines

Après la récolte, on prend une quantité de graines, on compte mille graines et on les pèse pour chaque parcelle élémentaire.

III-2-4-3. Poids total des grains

Après la récolte, on pèse les graines totales pour chaque parcelle élémentaire.

III-2-4-4. Rendement (Kg/ha)

Le calcul du rendement est déterminé par 3 principales composantes (le poids des grains/plant, le nombre de plants/parcelle et la surface d'une parcelle), exprimé en kilogramme par hectare (Kg/ha).

III-2-5. Les paramètres physiologiques**III-2-5-1. Teneur en eau (T.E.)**

La teneur en eau est calculée par différence entre le poids de matière fraîche (PF) de l'échantillon et son poids de matière sèche (PS), après passage à l'étuve pendant 48 heures à 80°C. Les échantillons sont pesés, à des intervalles de temps réguliers, jusqu'à obtention d'un poids constant (Annexe08) :

$$TE (\%) = [(PF-PS)/PF]*100.$$

III-2-5-2. Teneur relative en eau (T.R.E.)

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Barrs, (1962). Selon cette méthode les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF). L'extrémité est ensuite placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée puis maintenu à l'obscurité à 4°C pendant 12 heures.

Les feuilles sont récupérées et essuyées délicatement avec un papier buvard et sont à nouveau pesées, c'est le poids en pleine turgescence (Ppt). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante (la formule de Clark et Mac -Caig, 1982) (Annexe08) :

$$TRE (\%) = [(PF-PS)/(PPT-PS)]*100.$$

III-2-5-3.Extraction et dosage de la Chlorophylle

Les teneurs en Chlorophylle a, Chlorophylle b, caroténoïdes et Chlorophylle totale (mg/g PF) ont été déterminées selon la méthode de Lichtenthaler (1987) et Shabala et al. (1998) et au niveau de l'avant dernière feuille.

✚ On pèse 1000 mg de chaque échantillon puis on coupe en petits fragments ;

- ✚ On met les échantillons frais dans 27 tubes à essais couverts par le papier aluminium, puis on ajoute 10ml d'acétone à 95% ;
- ✚ Conserver les échantillons dans un réfrigérateur à 4°C pendant 48 heures ;

La mesure des teneurs en chlorophylle a, b et caroténoïdes est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 662, 644 et 470nm. L'appareil est étalonné par un témoin à base d'acétone à 95% (Annexe09). Ensuite on calcule selon les formules suivantes:

$$\begin{aligned} \text{Chlorophylle a (mg/g PF)} &= 9.784 * (DO662) - 0.99 * (DO644) \\ \text{Chlorophylle b (mg/g PF)} &= 21.42 * (DO644) - 4.65 * (DO662) \\ \text{Chlorophylle totale (mg/g PF)} &= \text{Chlorophylle a} + \text{Chlorophylle b} \\ &= \frac{1000 * (DO470) - 1.99 \text{Chl a} - 63.14 \text{Chl b}}{214} \\ \text{Caroténoïdes} &= \end{aligned}$$

III-3. Analyses statistiques

L'ensemble des données collectées ont été traitées grâce au logiciel XLSTAT version 2014. Nous nous proposons d'appliquer l'analyse statistique d'Analyse de variance (ANOVA).

Quinoa

Chapitre IV:

Résultats et Discussion



Chapitre IV: Résultats et Discussion.

I-Résultats

Le but de ce chapitre est la présentation et les résultats obtenus au cours de suivi de notre travail expérimental et présenter la discussion des résultats aussi.

I-1. Facteurs biotiques et abiotiques

Le Quinoa a subit aux différentes facteurs biotiques et abiotiques tout au long sa culture, on cite :

I-1-1. Mauvaises herbes

Les espèces *Melilotus sp*, *Oropetium africanum* observés au niveau de notre site expérimental du stade germination jusqu'à la récolte comme la figure 21 montre.



Figure 21:Les espèces observées au niveau du site expérimental.

I-1-2. Maladies, insectes et ravageurs

Plusieurs insectes et ravageurs ont attaqué la culture de quinoa, du stade levée jusqu'à la maturation physiologique. Ces ravageurs appartiennent à des ordres lépidoptères et les arachnides. les espèces les plus dominantes sont l'ordre des Hémiptères.

Identification de certaines espèces a été réalisé avec l'aide de monsieur Sekkour qui est enseignant spécialiste de la protection des végétaux à l'université Kasdi Merbah et en se basant sur les travaux de **Lebonvallet (2008)** (Tableau 07).

Tableau 7: Certaines espèces observées dans le site expérimental.

Nom scientifique	Photo
<p>Famille : Lygaeidae Espèce : <i>Spilostethus pandurus</i></p>	
<p>Famille : Noctuoidea Espèce : <i>Chrysodeixis chalcites</i></p>	
<p>Famille : Pentatomidae Espèce : <i>Palomena prasina</i></p>	
<p>Famille : Miridas Espèce : <i>Miridae sp</i></p>	

Famille : Reduviidae

Espace : *Reduviidae*
sp



Famille :
Coccinellidae

Espèce : *hippodamia*
variegata



Famille : Cicadellidae

Espèce : *Cicadellidae*
sp



Epifamille :

Termitoidea

Espèce : *Coptotermes*
formosanus



Famille : Lycosidae

Espace : *Lycosidae sp*



Les dégâts les plus importants dans notre expérience sont causés par les moineaux domestiques qui provoquent la chute de rendement (Figures 22 et 23).



Figure 22: les traces et les excréments de moineau (*Passer domesticus*).



Figure 23: panicule Avant et après l'attaque du moineau (variété Q101)

Nous avons également rencontré le problème de pourriture observé dans les parcelles d'étude.



Figure 24: la maladie *Pourriture fusarienne*.

I-I-3. Données climatiques de la campagne de l'essai (2019/2020).

Les données climatiques de l'année 2019-2020 sont synthétisées dans le tableau 08.

Les températures maximales (moyennes mensuelles) durant le cycle de développement du quinoa ne dépasse pas les 31°C (Tableau 08), les températures maximums des maximums ont été enregistrées le Mois d'octobre. Les températures minimales (moyennes mensuelles) sont comprise

entre 17.4°C (enregistrées le mois de Octobre comme maximum des minimums) et 3.2° C (le mois de Janvier comme minimum des minimums).

Tableau 8: les températures mensuelles minimales, maximales et moyennes enregistrées durant le cycle de développement du quinoa.

Mois	T min	T max	T moy
Octobre 2019	17,4	31,4	24,4
Novembre 2019	9,8	23,9	16,8
Décembre 2019	7,1	21,4	14,3
Janvier 2020	3,2	19,5	11,4
Février 2020	6,6	23,9	15,3
Mars 2020	11,4	26,2	18,8
Avril 2020	16,6	31,1	23,9

(O.N.M Ouargla, 2020).

I-3. Caractérisation du sol

Vu la situation exceptionnelle de cette année, nous n'avons pas effectué les analyses de l'eau et du sol, nous étions obligés d'utiliser les résultats des analyses des travaux précédents.

Les résultats d'analyse du sol sont consignés dans le tableau 09.

Tableau 9: Caractérisation physico-chimique du sol de site expérimental.

Caractéristiques		Résultats
Physiques	Granulométrie	
	Sable grossier (%)	41.1
	Sable fin (%)	48.35
	Argile et limon (%)	10.50
Physico-chimiques	pH	8.2
	CE (dS/m)	12.65

La texture du sol de site expérimental est sableuse, son pH est alcalin ainsi que les valeurs de la conductivité électrique (EC1:5) sont très fortes surtout en surface, ce qui rend le sol légèrement salé à extrêmement salé (Berkal, 2016).

I-4. Caractérisation de l'eau d'irrigation

Tableau 10: la caractérisation de l'eau de l'irrigation au niveau du site expérimental.

Résultats	
pH	8.1
Conductivité électrique (dS/m)	3.7

- **pH des eaux**

Le pH des eaux (nappe du Sénonien) est de 8.1, et selon **Soltner (1989)**, ces eaux sont alcalines.

- **Conductivité électrique**

A partir des résultats obtenus (Tableau 10), la conductivité électrique de l'eau est de 3.7 mS/cm pour les eaux du Sénonien. D'après **Durand (1958)**, ces eaux sont à salinité très forte.

I-4. Le taux de germination

La figure 24 représente la variation des résultats de taux de germination des graines des trois variétés testées du quinoa en fonction du temps.

On remarque que le taux de germination le plus élevé est enregistré chez les deux variétés Giza 1 et Q102 avec un taux de 100%; tandis que la variété Q101 marque un taux très faible (26.66 %).

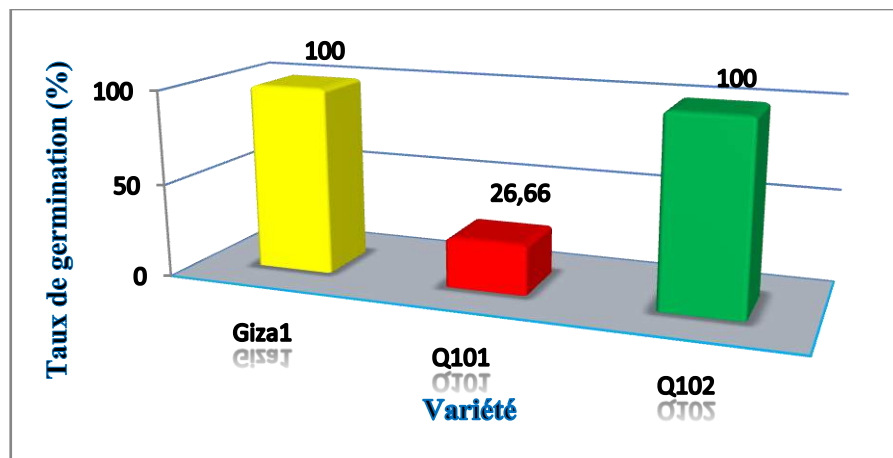


Figure 25: Taux de germination en fonction des variétés.

I-6. Les résultats des paramètres étudiés**I-6-1. Paramètres phénologiques**

Le cycle de culture commence par la levé qui s'étale entre 4 et 10 jours après le semis, il correspond à l'apparition des plantules à tige rose claire chez la variété Giza1 et violette claire chez les deux autres variétés Q101 Q102 ; durant cette phase, on a remarqué l'apparition des champignons ainsi que attaque des fourmilières sous l'effet de la température entre 24.2 °C et 25.6 °C.

Il apparait ensuite le stade deux feuilles vraies 14 à 17 jours après le semis. Les petites feuilles sont de forme rhomboïdale et de couleur verte. On remarque aussi dans ce stade l'apparition des mauvaises herbes.

Par la suite le déploiement de deuxième paire de feuilles qui prend entre 19 et 27 jours, et sa couleur reste toujours verte mais elle subit une corrodité. Q101 et Q102 présentent une couleur violette à l'apex végétatif tandis qu'il est vert chez la variété Giza 1.

L'apparition de la troisième paire de feuilles vraies se produit 25 à 44 jours après le semis, le flétrissement de feuilles cotylédonaire se commence dans ce stade. Les nouvelles feuilles sont ondulées.

A partir de ce stade on commence le désherbage manuel.

Puis le stade de ramification soit 45 à 60 jours ; on observe :

- ✓ L'apparition des ramifications.
- ✓ Le jaunissement de feuilles cotylédonaire puis elles tombent.
- ✓ Un changement de la couleur de la tige principale à verte chez la variété Giza et verte avec des taches violettes chez les deux autres variétés.
- ✓ Les traces de pieds de moineau entre les lignes de plantation.
- ✓ La présence de ravageurs.
- ✓ L'augmentation de nombre de feuilles corrodées.

Après cela, les inflorescences apparaissent au bout 55 à 83 jours ; on observe d'une part, une agglomération des feuilles de petites taille entoure et couvert l'inflorescence partiellement. Et d'autre part, la première paire des deux feuilles vraies jaunit et la tige s'accroît.

Stade panicule après 63 à 110 jours à partir du semis, la température est environ 10 °C et 15 °C on observe :

- ✓ des boutons floraux individualisés sont clairement visibles.
- ✓ Les panicules sont verts chez la variété Giza 1 et violets chez Q101 et Q102.
- ✓ Développement de ramification
- ✓ Début de formation des panicules secondaires

Au stade début floraison les premières fleurs s'ouvrent 98 à 120 jours après le semis, la plante commence à être plus sensible au froid et à la sécheresse.

Désormais le 82^{ème} ou le 130^{ème} jour, 50% de fleurs d'inflorescence ouvrent (floraison) sous l'effet d'une température moyenne variant entre 11.4 °C et 15.9 °C. On observe la disposition des œufs de *Palomena prasina* au niveau des panicules et des feuilles chez des variétés Q101 et Q102.

Le grain arrive au stade laiteux dès 98 à 146 jours après le semis, l'exercice d'une pression sur le fruit provoque la sortie d'un liquide blanchâtre, pendant cette période on remarque :

- ✓ Un changement du couleur au niveau de la panicule, jaune et rose chez la variété Giza1, orange pour Q102 et vio-rose pour Q10.
- ✓ Des nouveaux ravageurs attaquent la plante.
- ✓ Le jaunissent d'un tiers des feuilles.
- ✓ La présence de sécrétion du moineau au niveau de panicule.

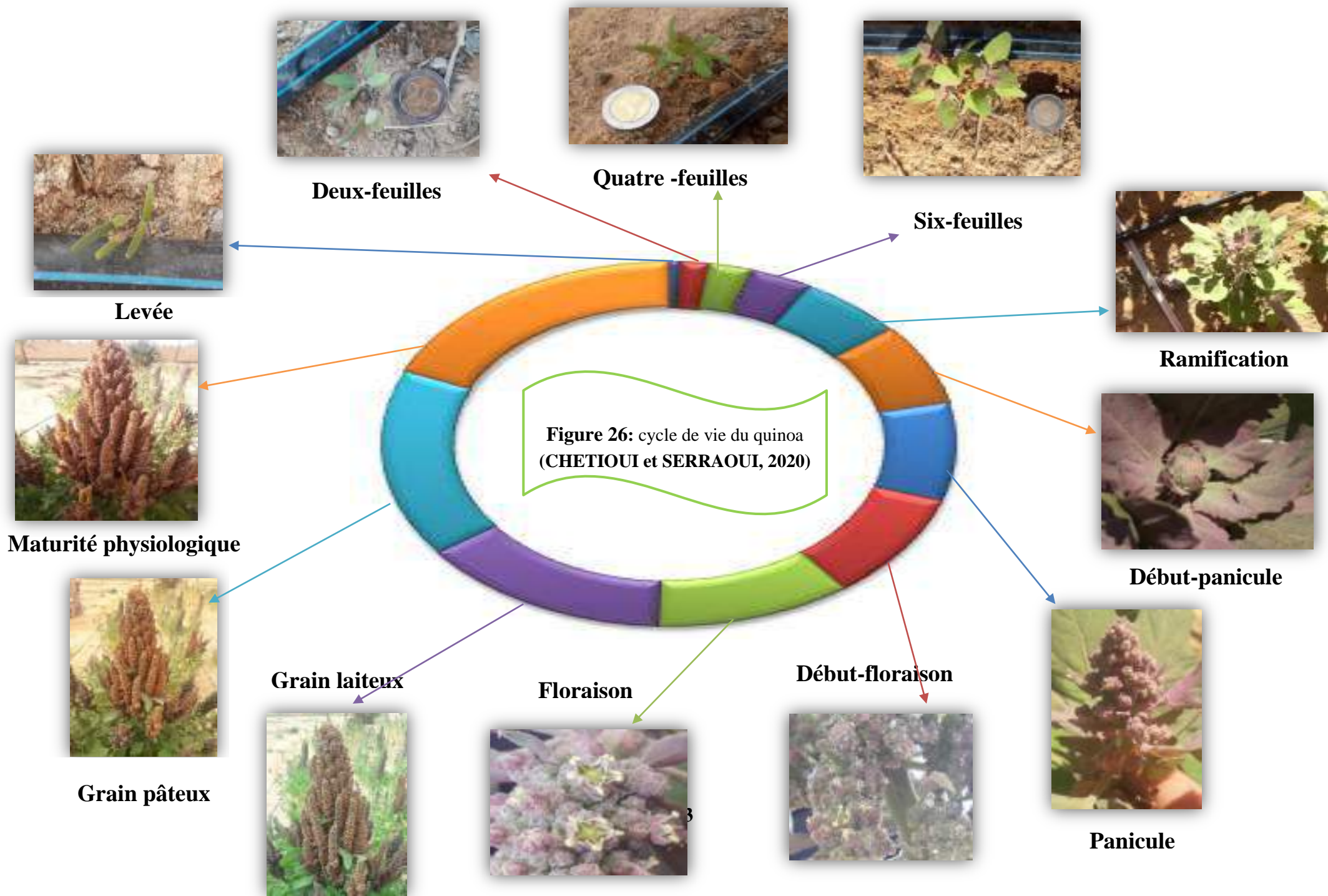
Après 118 à 167 jours du semis, l'intérieur des fruits devient d'une consistance pâteuse, c'est le stade pâteux toujours de couleur blanche. Les œufs de *Palomena prasina* s'éclosent et le deuxième tiers de feuilles jaunissent.

Enfin la maturation des graines est à maturité au bout de 130 à 183 jours avec des températures variant entre 16°C et 23 °C ; il sera plus dur que le stade précédant.

Dans ce stade, la plante a subi plusieurs changements morphologiques finals :

- ✓ La tige principale prend sa couleur finale, tandis que la tige de Giza 1 est de couleur jaune avec des stries roses et celle de Q101 et Q102 sont de couleur verte avec des stries violets.
- ✓ Les feuilles de toutes les variétés jaunissent et la plupart tombent.
- ✓ Les panicules de Giza 1 sont beiges et celle de deux autres variétés sont oranges.

Sans oublier que le quinoa a subi une forte attaque de moineau pour consommer ses graines (Figure 25).



I-6-2. Paramètres de croissance

I-6-2-1. Nombre des plantes levées par parcelle

L'examen des résultats de l'analyse de la variance pour le nombre de plantes levées par parcelle montre une différence très hautement significative entre les trois variétés étudiées (Tableau 11).

Tableau 11: Analyse de la variance (Variable Nombre de plantes levées/parcelle).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	12521,022	6260,511	1452,886	< 0.0001
Erreur	6	25,854	4,309		
Total corrigé	8	12546,876			

D'après la figure 26, on remarque que le taux de levée le plus élevé enregistré chez les deux variétés Giza 1 et Q102 est presque identique, il est de 96.491 % et 96.842 % respectivement ; tandis que la variété Q101 marque un faible taux de plantes levées soit 17.544 %.

Le test de Newman-Keuls (SNK) a mis en évidence deux groupes homogènes:

- Groupe (A) regroupe les deux variétés Q102 et Giza1 ;
- Groupe (B) représente la variété Q101.

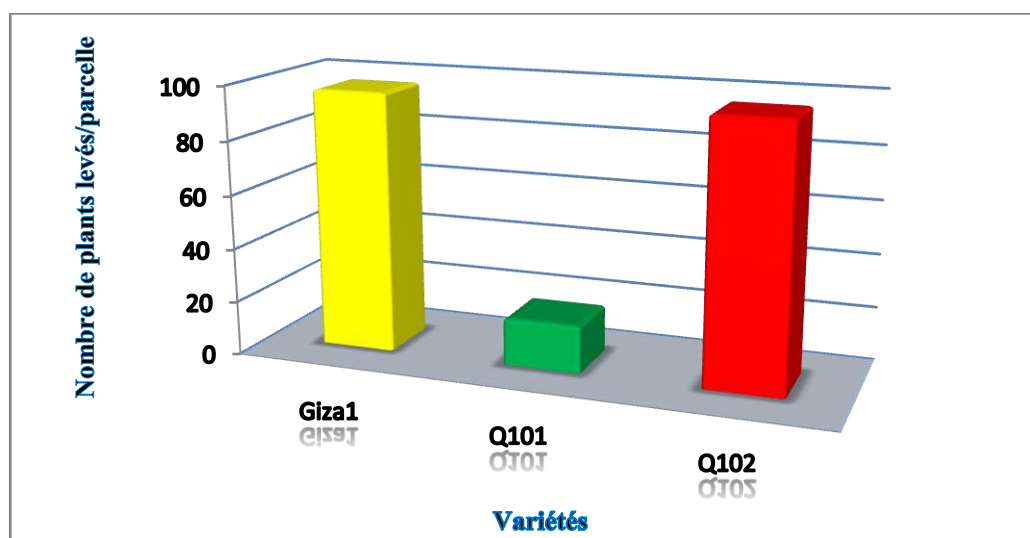


Figure 27: Variation de pourcentages des plants levés en fonction des variétés.

I-6-2-2. Nombre de ramification des panicules par plante

L'analyse de la variance révèle des différences significatives pour le paramètre ramification panicule par plant (Tableau 12).

Tableau 12: Analyse de la variance (Variable Nombre ramifications/parcelle)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	119,527	59,763	9,335	0,014
Erreur	6	38,413	6,402		
Total corrigé	8	157,940			

Le nombre moyen de ramification panicule varie d'une variété à une autre, le plus bas est celui de la variété Q102 est 6.967 % rameaux panicule par plant. Le plus élevé est celui de la variété Q101(Figure27) il est égale à 15.7 % rameaux panicule par plant (Figure 26).

Le test de Newman-Keuls (SNK) relatif au paramètre ramification panicule par plante a révélé deux groupes homogènes présentés par les différentes variétés à savoir :

- Groupe (A) regroupe les deux variétés Q101 et Giza1 ;
- Groupe (B) présenté par la variété Q102.

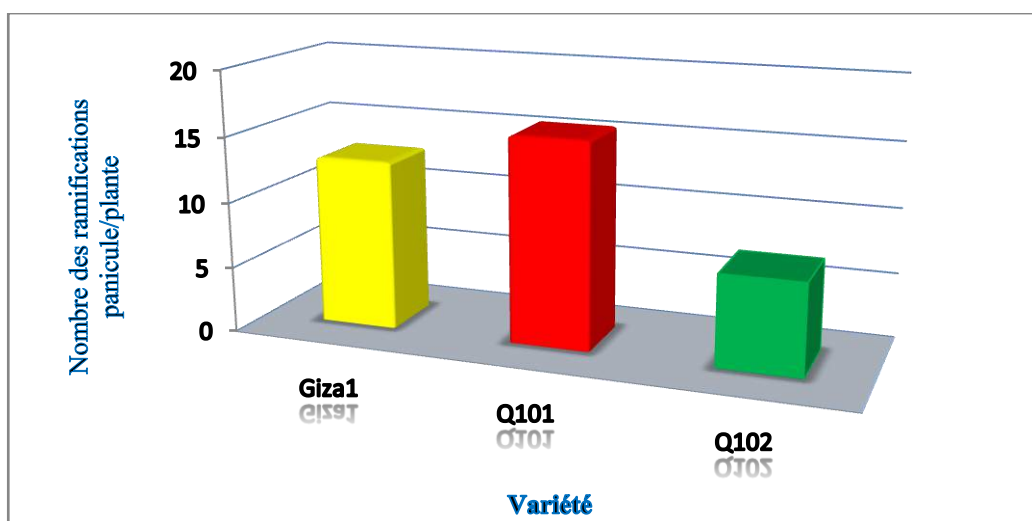


Figure 28: Variation de la ramification panicule par plant en fonction des variétés.



Figure 29: ramification panicule de la plante du quinoa (variété Q101).

I-6-2-3. La hauteur et le diamètre de la tige principale

Les mesures de la hauteur et du diamètre des tiges sont nécessaires pour connaître ses influences sur la formation des panicules et sur la résistance contre le vent.

L'analyse de la variance montre un effet significatif pour la hauteur de la tige et un effet non significatif pour son diamètre (Tableau 13, 14).

Tableau 13 : Analyse de la variance (Variable Hauteur plante)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	596,802	298,401	2,459	0,166
Erreur	6	728,153	121,359		
Total corrigé	8	1324,956			

Tableau 14: Analyse de la variance (Variable Diamètre tige principale (mm)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	80,998	40,499	6,550	0,031
Erreur	6	37,097	6,183		
Total corrigé	8	118,095			

La figure 29 montre que:

Les valeurs les plus élevées de la hauteur et du diamètre de la tige sont enregistrés chez la variété Q101 soient 79.867 cm et 14.658 mm respectivement.

Les valeurs les plus basses de sont enregistrés chez la variété Giza 1 soit 60.4 cm et 8.134 mm respectivement.

La variété Q102 a par contre indiquée des valeurs intermédiaires qui sont respectivement 66.367 cm et 8.468 mm pour la hauteur et le diamètre de la tige.

Le test de Newman-Keuls (SNK)a montré un seul groupe homogène (groupe A) qui regroupe toutes les variétés pour le paramètre de la hauteur de la tige ; tandis que pour le diamètre deux groupes homogènes sont notés :

- Groupe (A) présenté par la variété Q101 ;
- Groupe (B) regroupe les deux variétés Q102 et Giza1.

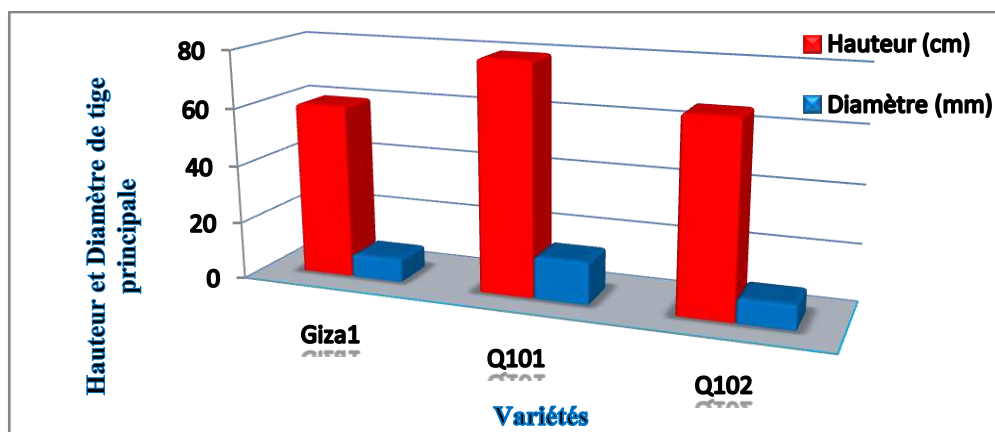


Figure 30: Variation de la hauteur et du diamètre des plants à la maturité (cm) en fonction des variétés.



Figure 31:La hauteur et diamètre de la plante.

I-6-2-4. Surface foliaire

À travers nos résultats indiqués dans le tableau 15, une variation non significative a été enregistrée entre les différentes variétés pour la surface foliaire.

Tableau 15: Analyse de la variance (Variable Surface foliaire (cm²)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	31,509	15,754	0,173	0,845
Erreur	6	545,599	90,933		
Total corrigé	8	577,108			

Néanmoins d'après la figure 31, on remarque que la surface foliaire la plus élevée a été enregistrée pour la variété Q102 avec (47.325 cm²) suivie par la variété Q101 (44.15 cm²) et enfin la variété Giza 1 qui s'est classée en dernière position avec une surface foliaire de (42.875 cm²).

Le test de Newman-Keuls (SNK) a indiqué un seul groupe homogène (groupe A) qui regroupe toutes les variétés pour la surface foliaire.

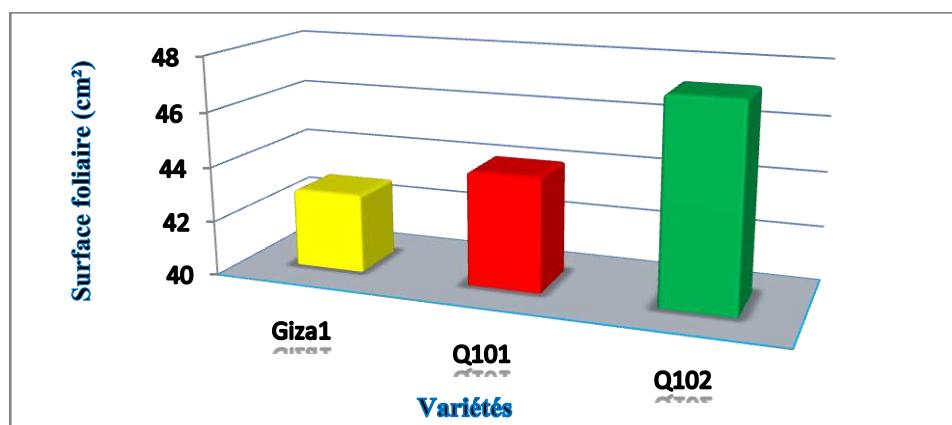


Figure 32: Variation de la surface foliaire en fonction des variétés.

I-6-2-5. Mesure de système racinaire

La longueur des racines de trois variétés étudiées est classée d'après l'ordre décroissant suivant : Q101 (37 cm) > Q102 (34.5 cm) > Giza 1 (28.6 cm) (Figure 32, 33).

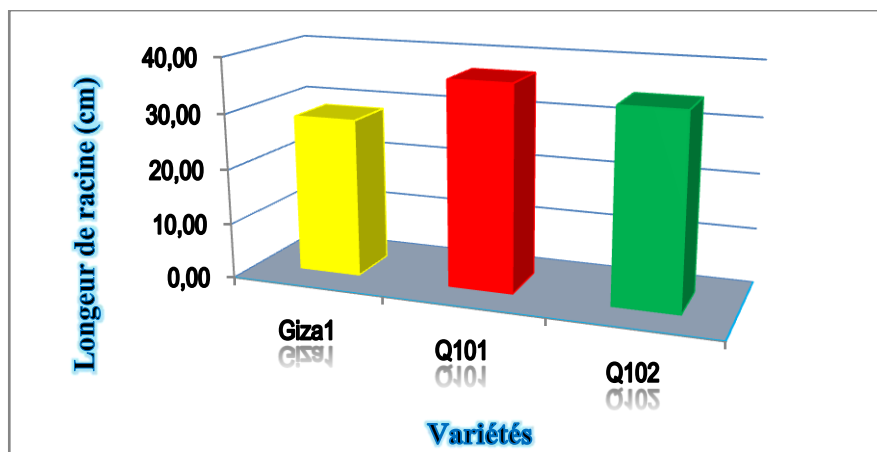


Figure 33: Variation de développement du système racinaire en fonction des variétés étudiées.



Figure 34 : la variété Q101 présente la racine la plus longue.

I-6-3. Notation

I-6-3-1. Couleur de panicule principale

Selon le tableau suivant, les variétés testées présentent un changement du couleur d'une variété à une autre et d'un stade à un autre :



Tableau 16: Couleurs de panicule dans les différents stades des variétés de quinoa.

Variétés	Q101	Q102	Giza 1
Couleur de la Début panicule	verte	Violette	violette
Panicule à la floraison	Verte claire	Violette	violette
Maturation physiologique	Beige	Orange claire	orange

I-6-3-2. Port de la plante

Le tableau 17 montre le port de la plante chez les variétés de quinoa :


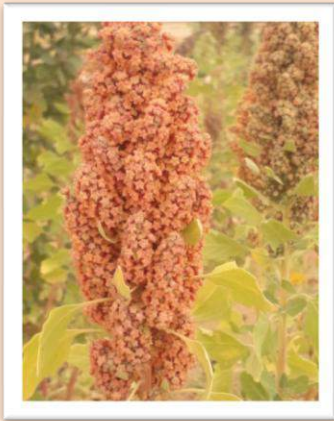




Tableau 17: Les ports de la plante chez les variétés de quinoa testées.

Variété	Q101 et Q102	Giza 1
Le port de la plante	<p>un port de ramification jusqu'au deuxième tiers</p> 	<p>Ramification jusqu'au tiers inférieur</p> 

I-6-3-3. Forme de la panicule principale

Les trois variétés présentent des formes de panicule différentes comme le montre le tableau 18 suivant :

Tableau 18: Formes de panicule chez les variétés de quinoa étudiées.

Variétés	Q101	Q102	Giza 1
Forme de panicule principale			
	<p data-bbox="354 974 555 1003">Amarantiforme</p> 	<p data-bbox="753 981 933 1010">Intermédiaire</p> 	<p data-bbox="1141 1019 1324 1048">Glomériforme</p> 

I-6-4. Paramètres liés au rendement

I-6-4-1. Poids de la panicule principale

L'examen des résultats de l'analyse de la variance relatif au poids de la panicule principale (Tableau 19) n'a décelé aucune différence significative entre les trois variétés.

Tableau 19: Analyse de la variance (Variable Poids panicule principale).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	3773,451	1886,726	3,162	0,115
Erreur	6	3580,084	596,681		
Total corrigé	8	7353,535			

Les panicules principales des deux variétés Giza 1 et Q102 présentent presque le même poids soit (27.6 g) et (27.1 g), lesquelles sont trop faibles par rapport au poids de Q101 (116.9 g) (Figure 34, 35).

Le test de Newman- keuls (SNK) montre que les trois variétés partagent le même groupe homogène (groupe A) pour le paramètre poids de la panicule principale.

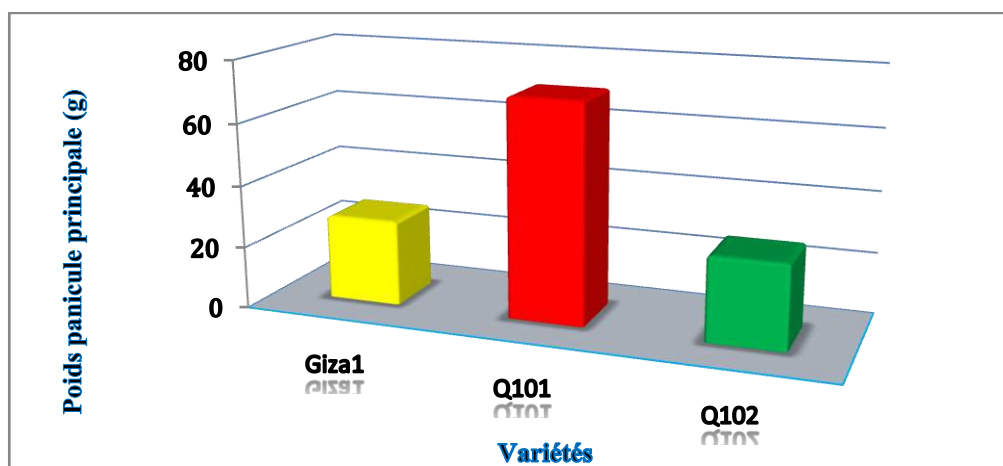


Figure 35: Variation du poids de panicule principale en fonction des variétés.



Figure 36: Des panicules de la variété Q101

I-6-4-2. Poids de mille grains

Le poids de mille grains est une composante essentielle du rendement. C'est une caractéristique variétale.

L'analyse de la variance dans le tableau 20 montre l'absence d'une différence significative entre Q101, Q102 et Giza1 pour le poids de 1000 grains.

Tableau 20: Analyse de la variance (Variable Poids 1000 graines (g)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,071	0,035	2,075	0,207
Erreur	6	0,102	0,017		
Total corrigé	8	0,173			

La figure 36 indique que les deux variétés Giza 1 et Q101 enregistrent presque le même poids de mille grains (2.78 g) et (2.72g), ces derniers sont plus élevés que celle de Q102 (2.57g).

Les trois variétés étudiées se retrouvent dans un même groupe homogène (groupe A) selon le test de Newman- keuls (SNK).

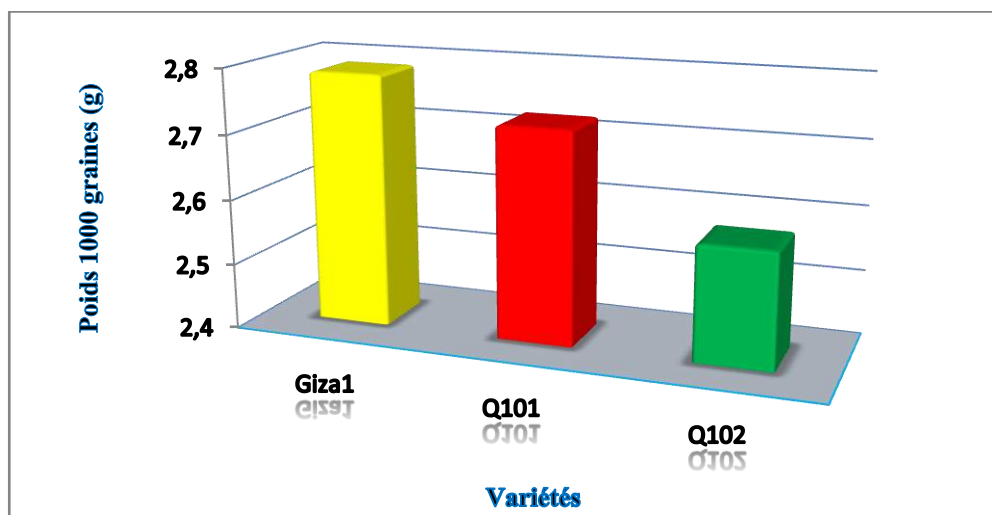


Figure 37: Variation de poids de mille grains en fonction des variétés.

I-6-4-3. Poids total des grains

Les résultats de l'analyse de variance montrent l'existence d'une différence significative entre les variétés pour le paramètre de poids total des graines (Tableau 21).

Tableau 21: Analyse de la variance (Variable Poids total grains (g)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	447586,260	223793,130	9,912	0,013
Erreur	6	135465,080	22577,513		
Total corrigé	8	583051,340			

Les variétés testées produisent des quantités de graine différentes ; on remarque que la production de la variété Q102 est plus importante que la production des deux autres variétés (Figure37).

Le test de Newman- keuls (SNK) relatif au poids total des graines a fait ressortir deux groupes homogènes :

- □ Groupe (A) représente la variété Q102.
- □ Groupe (B) regroupe les deux autres variétés.

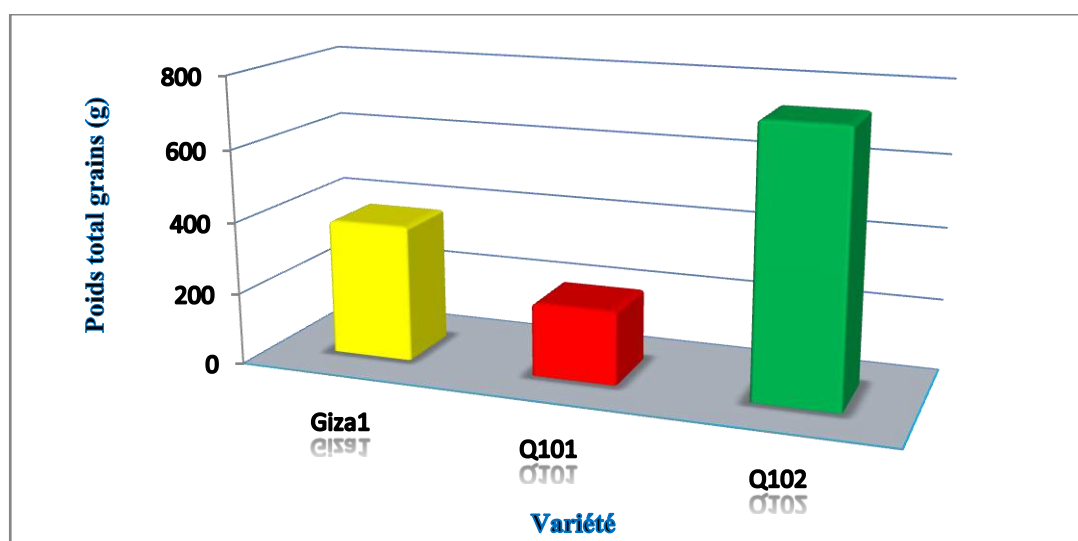


Figure 38: Variation du poids total des graines en fonction des variétés.

I-6-4-4. Rendement (Kg/ha)

Les phases successives de croissances et de développement sont associées comme le résultat de rendement.

Selon la figure38, on observe une différence entre le rendement des variétés utilisées ; la variété Q102 (figure 38) donne le meilleur rendement avec (4.6 qx/ha) alors que le plus faible est obtenue chez la variété Q101 avec (1.2 qx/ha). Pour la variété Giza1, le rendement estimé est de 2.3 qx/ha.

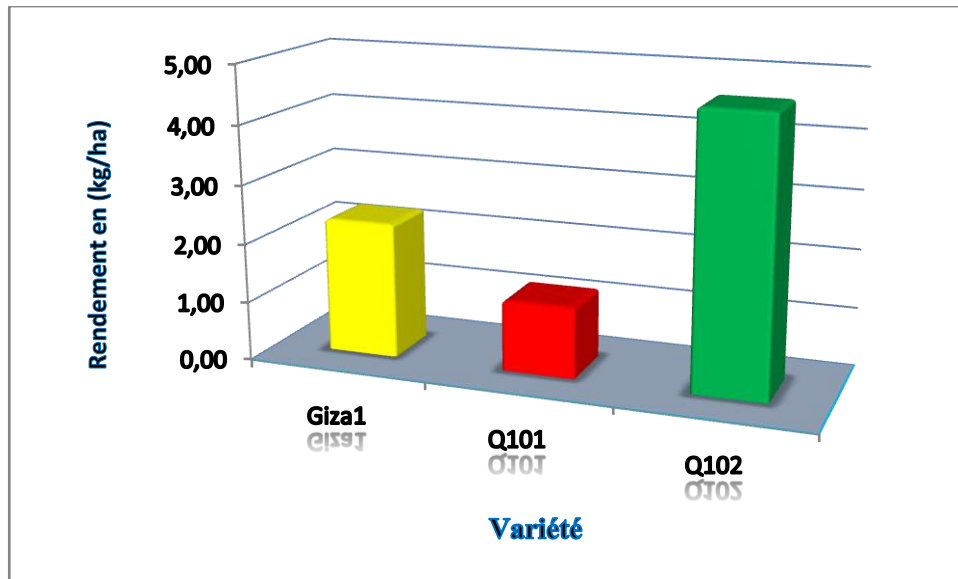


Figure 39: Variation de rendement en fonction de variétés.



Figure 40: Le rendement de la variété Q102 sur les trois parcelles.

I-6-5. Paramètres physiologiques

I-6-5-1. Teneur en eau (T.E.) et teneur relative en eau (T.R.E)

L'analyse de la variance relative à la teneur en eau montre qu'il existe une différence hautement significative entre les variétés par contre pour la teneur relative en eau, il n'y'a aucune différence significative entre eux (Tableau 22, 23).

Tableau 22 : Analyse de la variance (Variable Teneur en eau).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	173,558	86,779	19,716	0,002
Erreur	6	26,408	4,401		
Total corrigé	8	199,966			

Tableau 23 : Analyse de la variance (Variable Teneur relative en eau).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	107,602	53,801	1,608	0,276
Erreur	6	200,811	33,468		
Total corrigé	8	308,413			

D'après la figure 40, on remarque que la teneur en eau la plus élevée a été enregistrée par la variété Q101 avec (88.91 %) suivie par la variété Giza 1 avec (81.03%) et enfin la variété Q102 qui s'est classée en dernière position avec une teneur en eau proche à celle de Giza 1 de (78.64%).

Par contre, les résultats de la teneur relative en eau sont contraires de celles de la teneur en eau.

La variété Q102 est classée en première position suivie par la variété Giza1 puis Q101 avec les valeurs successives de 87.93%, 85.36% et de 79.66%.

Le test de Newman-Keuls (SNK) montre la formation de deux groupes homogènes pour le paramètre de T.E :

Groupe (A) représenté la variété Q101.

Groupe (B) regroupe les deux autres variétés.

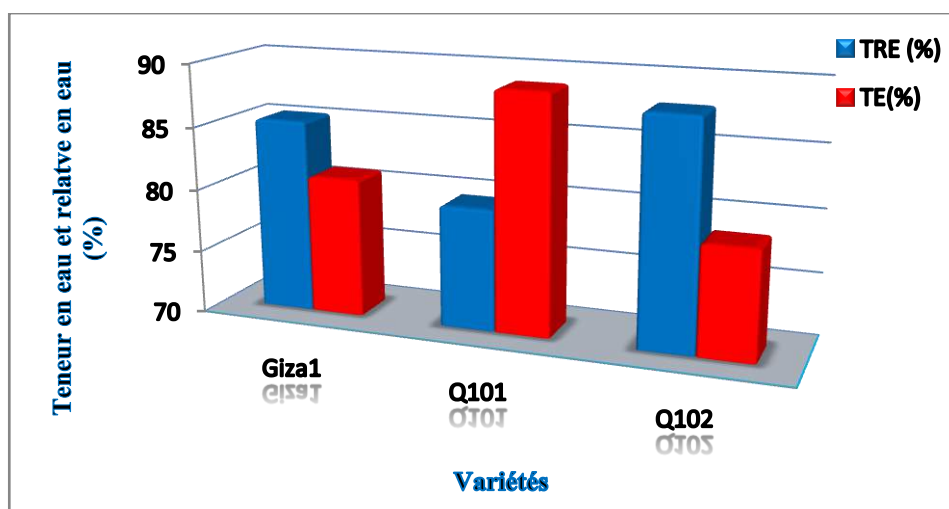


Figure 41: Variation de la teneur en eau et teneur relative en eau en fonction des variétés.

I-6-5-2. Chlorophylles et Caroténoïde

Pour les chlorophylles, l'analyse de la variance affiche une différence significative entre les variétés pour le deux type (chlorophylle B et A+B) (Tableau 25, 26) et les deux autres type ne présentent aucune différence significative (Tableau 24, 27).

Tableau 24: Analyse de la variance (Variable Chl A (mg/g)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	4,326	2,163	3,602	0,094
Erreur	6	3,603	0,601		
Total corrigé	8	7,930			

Tableau 25: Analyse de la variance (Variable Chl B (mg/g)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,787	0,394	7,101	0,026
Erreur	6	0,333	0,055		
Total corrigé	8	1,120			

Tableau 26: Analyse de la variance (Variable Chl A+B (mg/g)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	8,421	4,210	7,600	0,023
Erreur	6	3,324	0,554		
Total corrigé	8	11,745			

Tableau 27: Analyse de la variance (Variable Caroténoïdes (mg/g)).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	2	0,033	0,017	0,136	0,875
Erreur	6	0,731	0,122		
Total corrigé	8	0,764			

La figure 41 regroupe les résultats d'extraction et dosage de la chlorophylle où on trouve les valeurs les plus élevés qui sont enregistrés en chlorophylle (A+B) suivie par celles de chlorophylle a, chlorophylle b puis caroténoïde.

D'une part, on observe que la variété Q101 a enregistré les valeurs les plus élevées de chlorophylle (A+B), chlorophylle A, chlorophylle B tandis que les plus basses sont notées chez Giza1.

D'autre part, la teneur en caroténoïde de Giza1 est plus élevée par rapport à celle de Q101 et Q102, qui affichent avec respectivement 0.894 mg/g PF, 0.761 mg/g PF et 0.77 mg/g PF).

D'après le test de Newman- keuls (SNK), il ressort que :

- La teneur en chlorophylle A et en caroténoïde des variétés Q101, Q102 et Giza1 se partagent le même groupe homogène (groupe A).
- La teneur en chlorophylle B et en chlorophylle A+B des variétés se répartissent en deux groupes homogènes :

Groupe (A) regroupe les variétés Q101 et Q102 ;

Groupe (B) est représenté par la variété Giza1.

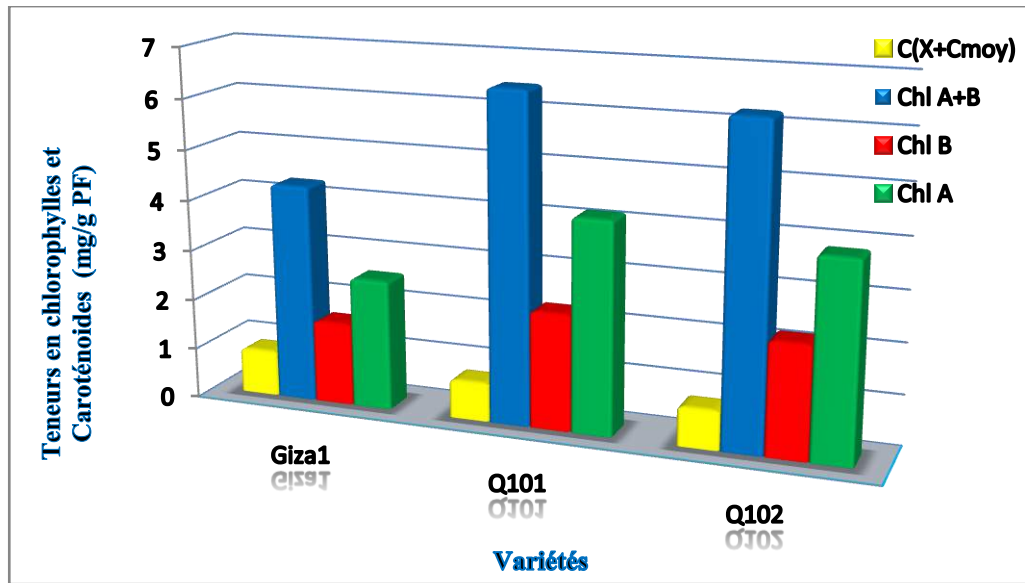


Figure 42: Variation de dosage des teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes en fonction des variétés.

II-Discussion

Après le traitement des résultats obtenus pendant notre expérimentation, nous allons les discuter en le comparant avec ceux de la littérature et les travaux précédents effectués sur le quinoa.

La date de semis est très importante pour le quinoa, à cet effet, (**Benlahbib, 2005**) a indiqué que cette plante doit être semé en Octobre-Novembre pour profiter de la saison de pluie, des jours courts, de la fraîcheur de la température et pour éviter les grands chaleurs au stade floraison. Dans notre expérience nous avons effectués le semis en mi- Octobre (17/10/2020).

Dans des conditions favorables de culture, une dose de semis se situe entre 0.55 à 0.85 kg/ha donne un peuplement optimal d'environ 320000 pieds/ha (**Benlahbib, 2005**). Dans notre cas, nous effectuons la culture du quinoa avec une dose de 0.92 kg/ha des graines pour garantir la réussite de l'expérience.

La durée du cycle végétatif du quinoa varie entre 90 jours pour les variétés les plus précoces, à 140 jours environ pour les variétés intermédiaires et 180 jours pour les plus tardives (**Izquierdo et al., 2001; Herencia et al., 1999**).

Dans notre essai la variété Giza1 est une variété précoce parce que son cycle a duré 130 jours et les variétés Q101 et Q102 sont des variétés tardives (183 jours).

Pour juger la durée de chaque stade phénologique pour ces trois variétés, il est important de les comparer avec la bibliographie. On va comparer avec les résultats des travaux de **Mujica et Canuha (1989)** :

- La plus part des durées de stades phénologiques de la variété Giza 1 sont courtes.
- Concernant la variété Q101, les durées de stades végétatifs (levée, deux, quatre, six feuilles) sont similaires à celui de **Mujica et Canuha (1989)** mais à partir l'apparition des ramifications les stades deviennent plus longues jusqu'à sa maturation physiologique.
- La variété Q102 montre une variabilité pour les durées de ses stades à savoir :

Les stades végétatifs sont courts puis l'apparition des ramifications et début formation des panicules prennent des durées similaires à celui de **Mujica et Canuha (1989)** ; à partir le début de floraison les stades devient longues.

Le quinoa est très sensible aux conditions défavorables pendant la levée, en raison en partie de la petite taille de ses graines et donc une survie très faible (**Canahua, 1994**). Le taux de levée de la variété Q101 à cause de la faiblesse de sa capacité de germination. Selon **Prommark (2014)**, le taux de levée est un caractère variétal.

La température du sol a un effet sur le nombre de graines levées, c'est pour cette raison **Jacobsen et al. (1999)** recommandent de semer le quinoa quand le sol a une température de 8-10°C.

La différence significative entre le nombre de ramification de panicule chez les variétés étudiées est en fonction de la fertilité du sol, de la densité et la profondeur de semis et le caractère variétale qui permet une variabilité du port de la plante (**Herne et al., 1989**).

Gandarillas(1979), Mujica et al., (2001) et Bazil (2015) ont indiqués une variation de la taille et du diamètre des plantes de quinoa de(50cm à 2 m) et (1 à 8 cm) respectivement, dues essentiellement aux conditions du milieu, aux variétés et à la culture de la plante. Ce qui confirme nos résultats (différence significative) obtenus concernant la hauteur et le diamètre de la plante.

Les trois variétés présentent des surfaces foliaires très importantes et convergentes entre eux (différence non significative). Les résultats montrent plus élevées que celles rapportés par **Bhargava et Srivastava(2013)**, en effet ces derniers sont travaillés sur 27 variétés de quinoa, ils ont trouvé une surface maximale de 30.91 cm² enregistré pour la variété Q102. Alors que, dans notre cas les surfaces sont de l'ordre de 43 à 47 cm² pour GIZA1 et Q102.

La profondeur des racines est étroitement liée à la hauteur de la plante, ainsi selon (**Pacheco et Morlon, 1978**) si la hauteur de la plante est de 1.70 m, la racine est 1.50m, et si la longueur est de 90cm, les racines peuvent être de 80 cm. Nos résultats sont dans l'ensemble similaires à ceux de la bibliographie, néanmoins restent faibles, ainsi, nous avons enregistré pour la variété Q101 une hauteur de tige de 79.86 cm et un enracinement de 39 cm. pour la variété Giza1, on a noté respectivement 60.40 cm et 28.6 cm; ceci est probablement due au système d'irrigation utilisé, en effet selon **Gandarillas (1979)**, le système d'irrigation goutte à goutte permet aux racines du quinoa de se développer dans la couche labourée.

La culture de quinoa montre une grande variabilité morphologique concernant la couleur des feuilles, des panicules et des graines (**Tapia et al. 1979, Pint, 2002**). La propriété génétique et les stades phénologiques de cette plante sont responsables sur cette variabilité (**Jacobsen et Stolen, 1993**).

Saraoui (2011) a indiqué dans l'étude sur la variabilité morphologique des populations F2 de blé dur que le poids des panicules est un indicateur important de la capacité de la production. On peut également la même pour les résultats obtenus pour la variété Q101 qui est très ramifié, et dont les panicules sont plus lourdes.

Le poids de 1000 graines a une relation avec la quantité d'eau absorbé pendant la phase floraison-maturité, les conditions climatiques et la nutrition minérale (**Grignacz, 1981, Loue, 1982, Meynard, 1987 et Gate, 1996**).

Dans notre cas, la différence entre le poids de 1000 graines des variétés est non significative, mais la variété Giza1 a enregistré le meilleur poids qui est la plus précoce par rapport des deux autres variétés, ce lui a permet de profiter de l'humidité du sol maximum durant son cycle. Et le poids le plus faible a été enregistré par Q102 (variété tardive).

Le rendement que nous avons enregistrés est très faible par rapport celui de l'ITDAS de Hassi Ben Abdellah en 2015 qui ont enregistré un rendement maximum de (32 qx/ha) chez la variété Q102, mené en plein champ, irrigué en submersion et ayant été fertilisé. Alors que, nous avons obtenues 4.2 qx/ha pour Q102 et 2.3qx/ha pour Giza1 et 1.2 q/ha pour Q101. Cette diminution considérable est peut être expliquée par :

- la culture a été attaqué par les moineaux et ont causés des pertes très significative (environ. Selon **Castilo et al.,(2008)** les facteurs biotiques réduisent considérablement le rendement et la qualité du produit.
- **Jacobsen et al., (1994), Alegria et al. (1999)** et **Auza(2003)** ont indiqués qu'il y'a une relation étroite entre la fertilisation azotée et le rendement tandis que **Berti et al. (1997)** a rapporté que la culture du quinoa n'est pas exigeante à l'azote par rapport aux autres céréales comme le blé et l'orge. Nous n'avons pas apporté de la fumure minérale.
- La vitesse d'absorption minérale est liée à la vitesse de croissance et le rendement en graines (**Lebonvallet, 2008**), dans notre essaie, on s'est basé sur la fertilisation organique d'origine bovine et caprine qui peut ralentir la nutrition minérale de la culture.
- Le respect des itinéraires techniques est très important pour le rendement et malgré le mal suivi surtout de l'irrigation le quinoa a montré une grande résistance à la sécheresse.
- Selon la bibliographie, la température élevée est le facteur primordiale du phénomène de panicule vide qui a été observé chez la variété Q101 dans notre essaie bien que la température n'a pas dépassé les 31.4°C durant tout le cycle.

Le rendement chétif chez la variété Q101 (1.2 q/ha) est expliqué par la récolte précoce de sa culture à cause de problème du moineau donc elle n'atteint pas 90% de sa maturité.

Benhabib, 2005 a indiqué que 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. Ce confirme nos résultats sachant que nous donnons 329 mm pendant tout le cycle du quinoa.

Djerroudi, 2017 a noté que la teneur relative en eau est un bon indicateur de l'état hydrique de la plante et de la tolérance au stress. Elle est liée à l'absorption d'eau par les racines et la perte d'eau par transpiration (**Anjum et al., 2011**).

(**Kaiser, 1987; Hikosak et al., 2006**). Ce confirme nos résultats, nous trouvons que la variété Q102 enregistre la plus grande surface foliaire 47.32 cm² et la meilleure teneur relative en eau 87.93%.

En 2016 **Triki et al.**, ont trouvés des teneurs en chlorophylles totales variant entre 12.9 et 16.2 mg/g PF et la teneur en caroténoïde entre 1.07 et 1.72 mg/g PF; ces valeurs sont supérieures aux miennes.

La quantité des pigments photosynthétiques dans les feuilles est influencée par plusieurs facteurs comme la lumière, le CO₂, l'âge et la position de la feuille et le stress hydrique (**Kaiser, 1987 ; Hikosak et al., 2006 ; Ronjhua et al., 2006**).

La culture du quinoa est peu exigeante au suivi au développement mais elle demande beaucoup d'efforts à la récolte et après la récolte.

Le quinoa présente une grande tolérance aux maladies, on n'a noté aucune maladie, et donc aucun traitement n'a été effectué.

Conclusion

Dans le cadre de l'introduction de la culture du quinoa *Chenopodium quinoa Willd* dans les régions sahariennes généralement et région d'Ouargla en particulier, il est évident d'étudier son comportement vis-à-vis des conditions édapho-climatiques de cette région, qui est le but de notre travail.

Notre travail est basé sur une étude comparative de paramètres phonologiques, de croissance, physiologiques et de rendement de trois variétés de quinoa Q101, Q102 et Giza1.

On peut résumer les résultats obtenus comme suite :

- ❖ La variété Q101 présente les valeurs les plus élevées pour les paramètres suivantes :
 - ✓ Tous les paramètres morphologiques sauf le nombre des plantes levées et la surface foliaire ;
 - ✓ Poids de la panicule principale ;
 - ✓ Tous les paramètres physiologiques à exception de la teneur relative en eau et le caroténoïde.

- ❖ La variété Q102 enregistre les meilleurs résultats de
 - ✓ La surface foliaire dans les paramètres de croissance,
 - ✓ La teneur relative en eau dans les paramètres physiologiques,
 - ✓ Le rendement.

- ❖ La variété Giza1 se marque par :
 - ✓ Sa précocité,
 - ✓ Le nombre de plantes levées,
 - ✓ Le poids de mille grains,
 - ✓ La teneur en caroténoïde.

Car le but essentiel de l'introduction du quinoa en Algérie est la diversification de la nutrition de la population et profiter de sa grande valeur nutritive, nous proposons la variété Q102 à cultiver sous les conditions édapho-climatiques de notre région vue sa production en grain considérable par rapport à Q101 et Giza1. Sans oublier que pour arriver à réaliser le rendement souhaité il faut choisir des graines à haute faculté germinative et de bien respecter la conduite culturale de la plante surtout la date de semis et les doses de fertilisation.

Donc on peut conclure que cette variété se comporte bien dans la région d'Ouargla au point de vue production.

Perspective

Les résultats obtenus laissent entrevoir de nombreuses perspectives qui nécessitent des études plus approfondies, à savoir :

- ✓ On cite la date, la dose et la profondeur du semis ;
- ✓ Etudier l'influence de la salinité (sol et eau) sur la plante du quinoa;
- ✓ Approfondir les travaux et études sur la variété de Q102 dans la région d'Ouargla ;
- ✓ Trouver des méthodes pour lutter contre le moineau pendant les stades d'arrière saison du quinoa ;
- ✓ Elargir l'étude en comparant plus les variétés de quinoa ;

Donc, il est intéressant d'entamer dans les prochains travaux par des études plus approfondies et plus ciblées sur le comportement du quinoa dans les conditions édapho-climatiques de la région d'Ouargla ainsi que d'intégrer le côté économique de cette culture dans ces études afin d'évaluer sa rentabilité dans l'économie du pays.

Quinda

Références bibliographiques



Références bibliographiques

1. A.N.D.I., 2013. Wilaya d'Ouargla. Édition Agence Nationale de Développement d'investissement, Ouargla 19 p.
2. Alegria S., Espindola G. & Jacobsen S.E., 1999. Fertilización nitrogenada de la quinoa en dos épocas y dos espaciamientos de siembra en el Altiplano. In: Jacobsen S.E. & Mujica A., eds. *Primer curso internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinoa* (*Chenopodium quinoa Willd.*). Lima: CIPCGIAR (Centro Internacional de la Papa).
3. Anjum S.A., Xie X., Wang L.C., Saleem M.F., Man C. et Lei W., 2011. *Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress*. Afr. Journ. Agric Res 6:2026–2032.
4. Auza, J.I., 2003. *Curvas de crecimiento de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) y avena (Avena sativa) en condiciones diferenciadas de alimentación hídrica y nutrición nitrogenada en la Estación de Choquenaira*. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 81 p.
5. Azib S., 2010. Gestion des périmètres agricoles au niveau de la zone de mise en valeurs de Hassi Ben Addallah, Magister Ecologie Saharienne et Environnement, *Université Kasdi Merbah, Ouargla*, 31-114p
6. Bazile D., 2015. *Le Quinoa: Les Enjeux d'une Conquête*. Paris: Éditions Quæ, 112 p.
7. Barbier et al., 2016. Les effets du changement climatique sur l'agriculture et la forêt en Provence-Alpes-Côte d'Azur. *ResearchGate*, Novembre 2016.
8. Benlhabib W., 2005. Les cultures alternatives: Quinoa, Amarante et épeautre. *Bulletin du PNTA* n133, Octobre 2005.
9. Berkal I., 2016 *Dynamique spatiotemporelle de la salinité de sols sableux irrigués en milieu aride. Application à une palmeraie de la cuvette d'Ouargla en Algérie*. Thèse de doctorat. Université d'Ouargla. Algérie 139p.
10. Berti M., Wilckens R., Hevia F., Serri H., Vidal I., Méndez C., 1997. Fertilización nitrogenada en quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Cien. Investig. Agr.* 27(2):81-90.
11. Bhargava, A., and Srivastava, S. (2013). *Quinoa : production and uses*. CABI. 247p.0.
12. Bioersivity International et FAO., 2013- *Quinoa et ses espèces sauvages apparentées*. Bolivie. N° 538, pp:3-38.
13. Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffailac, J.P., Rocheteau, A., 2006. *Response of some Andean cultivars of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to temperature: effects on germination, phenology, growth and freezing*. Eur, J, Agron., 25, 299-308.

14. Bneder., 1999. Etude du plan Directeur Générale de développement des Régions saharienne. *Lot II Etude de base, phase 3 : Analyse institutionnelle.*
15. Bosque,S.H., Lemeur,R.,Van Damme ,P.,Jacobsen,P,S.E.,2003.Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd).*Food Reviews International*,19 :111-119.
16. Boutelli H., 2012. *Salinité des eaux et des sols au niveau de la sebkha de Bamendil, caractérisation et conséquences sur l'environnement.*
17. Canahua A., 1994. Influencia de la calidad de semilla a la productividad de cultivos andinos; papa,quinua, kañiwa y tuberculos monores.*VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos, Valdivia, Chili. Agro-Sur. 22:22.*
18. Cauda C., Micheletti C., Minerdo B., Scaffidi C. et Signoroni E., 2013. *Quinoa in the kitchen.*
19. Cercam., 2014- *Fiche de synthèse QUINOA Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc. Maroc, 3 p.*
20. Climat.be, <https://www.climat.be/fr-be/changements-climatiques/en-quelques-mots/les-changements-climatiques> (20/11/2019).
21. Danielsen, S., Jacobsen, S. E., Hockenhull, J., 2003. *First report of downy mildew of quinoa caused by Peronosporafarinosaf.sp. chenopodii in Denmark.* Plant Disease 86, 1175
22. Daoud, Y. et Halitim, A., 1994. Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* 3, i. 151-160.
23. Del Castillo C, Mahy G, Winkel T, *La quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente " bio équitable " Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*,2008 12(4), 421-435
24. DjerroudiO., 2017. *Caractérisation morpho- physiologique d'une halophyte, atriplex, aux conditions arides.*Thèse de doctorat. Univ. Oran 1Ahmed Ben Bella. Pp64
25. Espindola, G.,1992.Proyecto de fortalecimiento y modernización. *IBTA-BM. In: Informe anual 1992. programa quinoa.EstaciónExperimental de Patacamaya.*La Paz, Bolivia. pp.37-42.
26. FAO,2009.*Organisation des nations unies*<http://www.fao.org/news/story/fr/item/35656/icode/> (20/11/2019).
27. FAO., 2013, l'[Année internationale du quinoa.](http://www.fao.org/quinoa/fr/) <http://www.fao.org/quinoa/fr/>.

28. FAO., 2018, *Introduction du quinoa en Algérie. Fois ans agriculture organisation*.
<http://www.fao.org>. (Date de consultation : 02/03/2020).
29. FAOSTAT, 2020, *Base de données statistiques de la FAO*, <http://www.faostat.fao.org>
30. Frere M., Rea J., Rijks J.Q., 1975. *Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina (Informe Técnico)*, Proyecto Interinstitucional ,FAO/UNESCO/OMM. Roma, Italia. P.29-51.
31. Gallardo JO et al. (1996) Construction of a CUP1 promoter-based vector to modulate gene expression in *Saccharomyces cerevisiae*. *Gene* 172(1):169-70
32. Gandarillas, H.,1979. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Botânica.In: *La Quinoa y la Kaniwa cultivos andinos*.Tapia,ME., Gandarillas,H., Alandia, S., cardozo, A., Mujica,A. (Eds.). CIIDIICA. Bogota, Colombia. pp.20-44.
33. Hager et al., 2014, "Problematising practice, learning and change: practice-theory perspectives on professional learning", *Journal of Workplace Learning*, Vol. 26 No. 6/7, pp. 418-431.
34. Herbillon M., 2015. *Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques*, Thèse, D, pharm. Rouen, 125 p
35. Hikosaka K., Ishikawa K ., Borjigidai A ., Muller O. & Onoda Y., 2006. *Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate*.*J. Exp. Bot.* 57: 291-302 p.
36. Izquierdo Fernández J.I. et al., 2001. *Cultivos andinos, Version 1.0*. [CD-ROM]. Santiago: FAO, <http://www.rlc.fao/org/es/agricultura/pubs.html>.
37. Jacobsen S E, Stølen O., 1993. Quinoa - Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe,*European Journal of Agronomy*.2:19-29
38. Jacobsen S.E., 1999. *Effect of harvest time, drying technique, temperature and light on the germination of quinoa (Chenopodium quinoa)*. *Seed Sci. & Technol.* 27:937-944.
39. Jacobsen S.E., Jørgensen I., Stølen O. 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark.*Journal of Agricultural Science*. 122:47-52.
40. LE FIGARO.fr [http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/quinoa/quels-bienfaits\(20/11/2019\)](http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/quinoa/quels-bienfaits(20/11/2019)).
41. Lebonvallet N., 2008. *Implantation du quinoa et stimulation de sa culture sur l'Altiplano Bolivien*, Thèse de Doctorat, Université de Paris, France,244p.
42. Loue, 1982. *Le potassium et les céréales*. Dossier K20, SCPA, N° 22, I-40
43. Lutz M, Bascuñán- Godoy L., 2017- The Revival of Quinoa: A Crop for Health. *A Crop for Health*, p:38-42

44. Meynard, 1987. *L'analyse de l'élaboration du rendement sur les essais de fertilisation azotée. Perspectives agricoles: fertilisation azotée et soufrée.* ITCF, 115,76-83
45. Mujica A, Canahua A., 1989. Fases fenológicas d'El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*). *Un:Curso Taller Fenología de cultivés andinos y ISO de la información agrometeorológica.* Salsodo,7_10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA,PICA,PISA. puno, Perú. Pop: 23_27.
46. Mujica A. & Jacobsen S.E., 1999. Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento. *In: I Curso Internacional sobre Fisiología de la Resistencia a Sequía en Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.).* Lima: CIP-DANIDA, 25-38.
47. 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.*
48. O.N.M, 2020., Les données météorologiques de la région de Ouargla. *Office National Météorologie.* Ouargla
49. Pacheco A, Morlon P., 1978. *Los sistemas radicales de las plantas de interés económico en el Altiplano de Puno: un estudio preliminar.* Puno, Perú. 20 p.
50. Pedersen S F., Tingvoll B Ø., 2013-Quinoa Opprinnelse, dyrking og anvendelse. *Bioforsk Report. Vol (8).Nr155.* p: 9.
51. Pinto, M.V., 2002. *Análisis de la variabilidad genética del germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) circundante al lago Titicaca.* Tesis Ingeniería en Agronomía. Facultad de Agronomía, Universidad mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 91 p.
52. Prommarak S., 2014. *Response of Quinoa to Emergence Test and Row Spacing in Chiang Mai - Lumphun valley Lowland Area.* Khon Kaen Agri. J. 42. Sppl .2: 8-14.
53. Risi J, Galwey N., 1984. The *Chenopodium* grains of the Andes: Inca crops of modern agriculture. *Advances in Applied Biology.* 10, pp: 145_216.
54. Rodríguez J.P., 2006. *Análisis de la levée du Quinoa par simulation dans les conditions climatiques de l'Altiplano central.* Document interne. 2p.
55. Rojas, W., 1998. *Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados.* Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 209p.

56. Rouvillois-brigol M., 1975. *Le pays d'Ouargla (Sahara algérien : Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique*. Publications du Département de géographie de l'Université de ParisSorbonne, 389 p.
57. Saraoui, T., 2011. *Etude de la variabilité morphologique de populations F2 de blé dur (Triticum durum Desf.): utilisation d'un indice de sélection*. Mémoire de magister, Faculté des Sciences, Département d'Agronomie. Université El-Hadj Lakhdar, Batna 75p.
58. Tapai M., 1979, Industrialization, p.193-201. In: *Quinoa y kaniwa cultivos andininos*, TAPAI et al, ed, IICA, pogota, Colombai.
59. Tapia M.E., 2000. *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentacin. Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*.
60. Triki et al. 2016. Etudes de la variabilité biochimique de cinq cultivars de chénopodium quinoa in. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 25(5), 1161-1166
61. Yazar A, İnce Kaya C., 2014- *A New Crop for Salt Affected and Dry Agricultural*.
62. <https://www.liberation.fr/apps/2016/10/quinoa-boom>.

Quinda

Annexes



Annexe 01 :Cycle végétative du Quinoa(Lebonvallet, 2008).

<p>Levée</p> 	<p>Panicule</p> 
<p>Deux feuilles</p> 	<p>Début floraison</p> 
<p>Quatre feuilles</p> 	<p>Floraison</p> 
<p>Six feuilles</p> 	<p>Grain laiteux</p> 
<p>Ramification.</p> 	<p>Grain pâteux</p> 
<p>Début panicule.</p> 	<p>Maturité physiologique.</p> 

Annexe 02 : Calendrier d'irrigation.

Stade	N° d'arrosage	Date	fréquence d'irrigation	durée d'irrigation (h)	Débit (l/h)	dose d'irrigation (l)	dose d'irrigation m ³ /ha	Quantité de chaque stade
Initial	1	17/10/2019	03 fois	0,5	0.7	677.25	94.06	282.18
	2	24/10/2019		0,5	0.7	677.25	94.06	
	3	31/10/2019		0,5	0.7	677.25	94.06	
Croissance	4	04/11/2019	08 fois	0,33333333	0.7	451.5	62.70	501.66
	5	07/11/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
	6	18/11/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
	7	21/11/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
	8	25/11/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
	9	28/11/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
	10	02/12/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
	11	05/12/2019		0,33333333	0.7	451.5	62.70	
mi-saison	12	09/12/2019	12 fois	0,33333333	0.7	451.5	62.70	768.17
	13	12/12/2019		0,5	0.7	677.25	94.06	
	14	16/12/2019		0,5	0.7	677.25	94.06	
	15	19/12/2019		0,5	0.7	677.25	94.06	
	16	23/12/2019		0,5	0.7	677.25	94.06	
	17	26/12/2019		0,25	0.7	338.625	47.03	
	18	30/12/2019		0,25	0.7	338.625	47.03	
	19	02/01/2020		0,25	0.7	338.625	47.03	
	20	06/01/2020		0,25	0.7	338.625	47.03	
	21	09/01/2020		0,25	0.7	338.625	47.03	
	22	13/01/2020		0,25	0.7	338.625	47.03	
	23	16/01/2020		0,25	0.7	338.625	47.03	
Arrière-saison	24	20/01/2020	19 fois	0,5	0.7	677.25	94.06	1740.15
	25	23/01/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	26	27/01/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	27	30/01/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	28	03/02/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	29	07/02/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	30	10/02/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	31	24/02/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	32	27/02/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
	33	02/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	

34	05/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
35	09/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
36	12/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
37	16/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
38	19/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
39	23/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
40	26/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
41	30/03/2020		0,5	0.7	677.25	94.06	
42	13/04/2020		0,25	0.7	338.625	47.03	
						3292.18	3292.18
						329,2 mm	

Annexe 03 : test de germination.



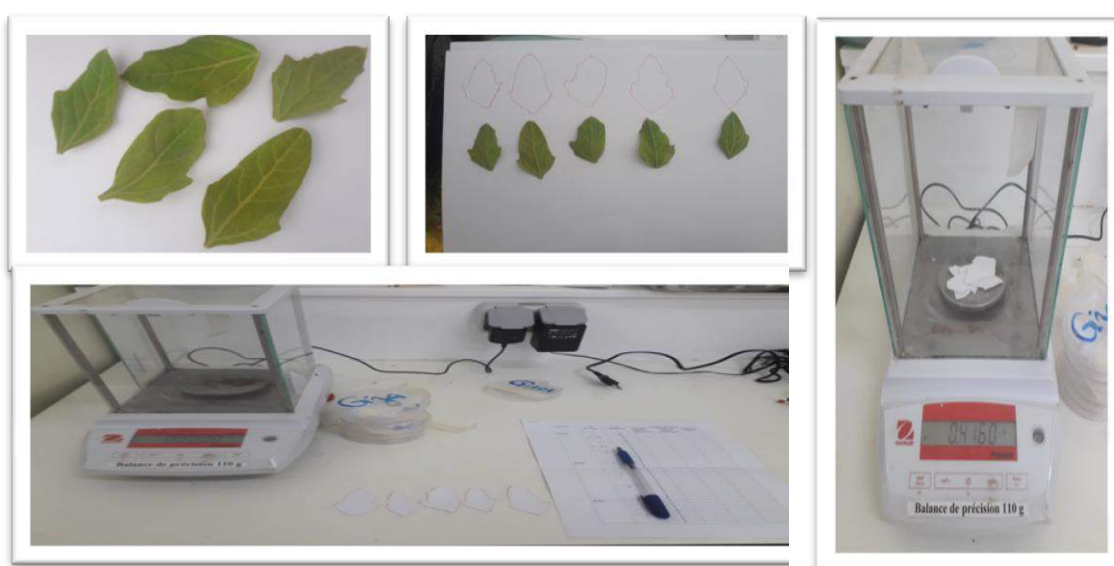
Annexe 04 : Les stades phénologiques (nombre de jours depuis semis).

Stade	Levée	2 feuilles	4 feuilles	6 feuilles	Ramification	Début de formation de panicule	Panicule	Début floraison	Floraison	Grain laitoux	Grain pâteux	Maturité (jour)
Q101	10	17	27	44	69	83	110	120	130	146	167	183
Q102	4	14	19	25	45	55	63	68	82	139	166	183
Giza1	4	14	19	25	45	55	63	68	82	98	118	129

Annexe05 :Nombre des plantes levées.

Variété	Bloc	Nombre des lignes					Nombre total
		01	02	03	04	05	
Q101	01	5	5	2	2	3	17
	02	5	4	2	4	0	15
	03	5	1	1	5	6	18
Giza 1	01	19	19	19	17	19	93
	02	18	19	17	18	18	90
	03	19	18	18	18	19	92
Q102	01	19	19	19	19	19	95
	02	17	18	19	19	18	91
	03	18	17	18	19	18	90

Annexe06 :la mesure de la surface foliaire.



Annexe07 : Analyse des teneurs en eau et relative en eau.





Annexe08 : analyse des chlorophylles et caroténoïde.



Résumé (Comportement de trios variétés /populations de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) cultivées en plein champ dans les conditions arides (cas de Ouargla)).

Le but de notre travail est d'étudier le comportement de trois variétés/ population du quinoa (Q101, Q102 et Giza1) cultivées en plein champ dans les conditions arides (cas d'Ouargla).L'expérimentation est réalisée en plein champs au niveau de l'exploitation de l'université d'Ouargla. Le dispositif expérimental choisi est de type bloc aléatoire avec trois variétés et trois répétitions. Les paramètres étudiés sont les paramètres phénologiques (les stades du cycle végétatif du quinoa), de croissance, physiologique et du rendement. Les résultats obtenus montrent que la variété Q102 qui est tardive a enregistré le meilleur rendement avec 4.6 qx/ha par rapport aux deux autres variétés.

Enfin, bien que les variétés testées présentent des comportements différents vis-à-vis des différents paramètres étudiés, il est évident que ces variétés répondent aux conditions édapho-climatiques d'Ouargla ; ce qui indique la capacité d'adaptation du quinoa dans cette région.

Les mots clés : Comportement - Variétés -*Chenopodium quinoa* -Conditions arides- Ouargla -

Abstract (A behavior of three varieties / populations of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) cultivated in open fields in arid conditions (case of Ouargla))

The purpose of our work is to study the behavior of three varieties / population of quinoa (Q101, Q102 and Giza1) cultivated in open fields in arid conditions (case of Ouargla). To do this, the experiment is carried out in field plan at Ouargla university farm. The chosen experimental device is of the random block type with three varieties and three frequencies. The selected parameters are: phenological parameters, parameters of vegetative growth, physiological parameters and yield parameters. Gotten results show that variety Q102 has the highest productivity 6 qx / ha, although it's late.

Finally; however the varieties tested show different behaviors with for the parameters studied, it is clear that these varieties meet the edaphic and climatic conditions of Ouargla; this indicates the adaptability of quinoa in this region.

Keywords: behavior - varieties -*Chenopodium quinoa Willd* - arid conditions- Ouargla.

ملخص (سلوك ثلاثة أصناف / غير أصناف من الكينوا مزروعة تحت الظروف المناخية الجافة (منطقة ورقلة))

الهدف من هذا العمل هو دراسة سلوك ثلاثة أصناف / غير أصناف من الكينوا (Q101،Q102، الجيزة 1) مزروعة تحت الظروف المناخية لمنطقة ورقلة ، ولإجراء ذلك تم تركيب جهاز على مستوى مستثمرة جامعة ورقلة. الجهاز التجريبي المختار هو من النوع العشوائي بثلاثة أصناف مكررون ثلاث مرات. الدراسات المختارة هي المتابعة الزمنية لمراحل تطور هذه الأصناف، دراسة نموها ، دراسة فيزيولوجي الأصناف ، دراسة المردود من الحبوب . بينت النتائج المتحصل عليها أن الصنف Q102 سجل أفضل محصول بقيمة 4.6 قنطار/ هكتار بالرغم من أنها صنف متأخر.

أخيرا ؛ على الرغم من أن الأصناف المختبرة تظهر سلوكيات مختلفة فيما يتعلق بالمعايير المدروسة ، فمن الواضح أن هذه الأصناف تتأقلم مع الظروف المناخية في ورقلة ؛ وهذا يشير إلى قدرة الكينوا على التكيف في هذه المنطقة.

الكلمات المفتاحية:سلوك- أصناف- الكينوا- الظروف الجافة- ورقلة.