

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des sciences de la nature et de la vie



Département science agronomique

Mémoire de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

Domaine : Science de la Nature et de la Vie.

Filière : Sciences Agronomiques.

Spécialité : Gestion des Agro systèmes.

Présenté par : TOUATI Ilham.

Thème

Etude de potentiel de croissance et de production de plusieurs variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) sous les conditions arides de sud de l'Algérie (Cas de Ouargla).

Soutenu publiquement le :

28/06/2018

Devant de jury :

Mr. ZENKHRI.S.

M^{elle} OUSTANI.M.

Mr. BELAROUSSI M.E.

MA(A) Président.

MA(A) Promotrice.

MA(A) Examineur .

U. K. M. Ouargla.

U. K. M. Ouargla.

U. K. M. Ouargla.

Année Universitaire : 2017/2018



Dédicace

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

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi **mon père**.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères **Abed El Rahim** et **Mohammed Youssri** et mes sœurs **Radia** et **Zahra El Oula**, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, **mon futur mari**, **mes aimables amis**, **collègues d'étude**, et **frères de cœur**.





Remerciements

Au terme de cette étude, je remercié avant, **Dieu** tout puissant de ma voir guidé durant toutes mes années de formation et m' avoir permis la réalisation de ce présent travail.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à **Melle. Oustani .M**, mon encadreur, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu' elle trouve ici l' expression de mon profond respect.

Nous adressons aussi nos plus vifs et ardents remerciements à **Mr. Zenkhri.S.** pour avoir bien voulu présider le jury

Nous tenons également à remercier nous examinateur. **Mr. Belaroussi M.E** qui ont bien voulu nous honorer de leur présence dans ce jury et leurs orientations.

Nous exprimons nos plus grands remerciements à tout personnel et responsable de **LTDAS Biskra Et Hassi Ben Abdellah. Mme Moussi. W, Mr Brahimi J.** Qui m' ont fourni les semences et pour leur aide technique.

En fin je remercie tous ceux qui m' ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.



Table des matières

Introduction..... 1

PARTIE I : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE QUINOA 3

I.1. Origine et historique..... 3

I.2. Distribution géographique..... 3

I.3. Classification botanique 4

I.4. Culture de quinoa aux niveaux mondial..... 5

I.5. Description botanique 5

I.6. Stades phénologiques du quinoa 8

 I.6.1. Stade levée..... 8

 I.6.2. Stade deux feuilles vraies 8

 I.6.3. Stade quatre feuilles 8

 I.6.4. Six feuilles..... 8

 I.6.5. Ramification 8

 I.6.6. Début de formation de la panicule 9

 I.6.7. Panicule 9

 I.6.8. Début de floraison 9

 I.6.9. Floraison..... 9

 I.6.10. Grain laiteux 9

 I.6.11. Grain pâteux 9

 I.6.12. Maturité physiologique 10

I.7. Valeur alimentaire 10

I.8. Utilisations 12

I.9. Techniques culturales..... 13

 I.9.1. Exigences climatiques 13

 I.9.2. Type de sol 13

 I.9.3. Semis 13

I.9.4. Pratique culturales	14
I.9.5. Mode et dose de semis	14
I.9.6. Fertilisation	14
I.9.7. Besoins en eau	14
I.9.8. Contrôle des mauvaises herbes	14
I.9.9. Maladies	15
I.9.10. Insectes et ravageurs.....	15
I.9.11. Récolte.....	16
I.10. Variétés.....	16
I.11. Physiologie D'adaptation Du Quinoa Aux Conditions Ecologiques Extremes	
I.11.1. Résistance à la sécheresse	17
I.11.2. Résistance à la salinité	19
I.11.3. Résistance au froid	20
I.11.4. Résistance à la photopériode	21
I.11.5. Résistance au Vent	21

Partie II : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE	22
I.1. - Situation géographique	22
I.2.Facteurs climatiques	23
I.2.1. Températures	23
I.2.2. Précipitations.....	24
I.2.3. Evaporation	24
I.2.4. Humidité.....	24
I.2.5. Insolation.....	24
I.2.6. Vents	24
I.3. Classification climatique	25
I.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls	25
I.3.2. Climagramme d'Emberger	25
I.4. Hydrogéologie.....	26

I.5. Pédologie.....	27
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	29
II.1. Présentation de site d'étude	29
II.2. Matériel d'étude	29
II.2.1. Matériel pédologique	29
II.2.2. Eau d'irrigation	30
II.2.3. Matériel végétale.....	31
II.3. Méthodes d'étude.....	33
II.3.1. Protocole expérimental	33
II.3.1.1. Objectif de l'essai	33
II.3.1.2. Dispositif expérimental.....	33
II.3.2. Conditions de déroulement de l'essai	36
II.3.2.1. Préparation de sol.....	36
II.3.2.2. Test de germination	36
II.3.2.3. Semis.....	37
II.3.2.4. Fertilisation minérale	37
II.3.2.4.1. Fumure de fond.....	37
II.3.2.4.2. Fertilisation azotée (Urée 46%)	37
II.3.2.5. Irrigation	38
II.3.2.6. Désherbage.....	38
II.4. Etude de paramètres de croissance et de rendement (suivi morphologique).....	39
II.4.1. Lectures et mesures (méthodes de détermination des paramètres étudiés).....	39
II.4.1.1. Paramètres liés à la croissance végétative	39
II.4.1.1.1. Le nombre des plants levés par parcelle	39
II.4.1.1.2. Hauteur des plants au stade panicule	39
II.4.1.1.3. Nombre de ramifications herbacées par plant.....	39
II.4.1.1.4. Nombre de ramification panicule par plant	39
II.4.1.1.5. Poids de la panicule principale	40
II.4.1.1.6. Surface foliaire.....	40
II.4.1.1.7. Forme de la panicule.....	40

II.4.1.1.8. Porte de la plante.....	41
II.4.1.1.9. Couleur de panicule	42
II.4.1.2. Paramètres liés au rendement.....	42
II.4.1.2.1. Le poids de 1000 graines	42
II.4.1.2.2. Rendement machine.....	42
II.4.1.2.3. Biomasse totale (biomasse aérienne).....	42
II.4.1.3. Paramètres de précocité	43
II.5. Les maladies et ravageurs	43
II.6. Méthodes d'analyse du sol.....	29
II.6.1. Granulométrie	29
II.6.2. pH.....	30
II.6.3. Conductivité électrique (CE e.1:5)	30
II.6.4. Dosage du calcaire total	30
II.7. Méthodes de traitement des données (Analyse statistique)	43

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Paramètres liés à la croissance végétative	44
III.1.1. Nombre des plants levés par parcelle	44
III.1.2. Hauteur des plants au stade panicule.....	46
III.1.3. Nombre de ramifications herbacées par plant	48
III.1.4. Nombre des ramifications panicule/ plant.....	49
III.1.5 Poids de la panicule principale	52
III.1.6. Surface foliaire	53
III.1.7. Forme de la panicule.....	54
III.1.8. Port des plants.....	55
III.1.9. Couleurs des panicules	55
III.2. Paramètres liés au rendement	56
III.2.1. Le poids de 1000 graines	56
III.2.2. Rendement machine	57
III.2.3. Biomasse aérienne sèche	59
III.3. Paramètres de précocité.....	60

III.4. facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental	62
III.4.1. Ravageurs	62
III.4.2. Mauvaises herbes.....	64
III.4.3. Aléats climatiques	65
Conclusion.....	68

Liste des abréviations

% :	pour cent .
Ba :	Biomasse aérienne.
Ca.T :	Carbone totale .
CE :	Conductivité électrique.
cm:	Centimètre.
dS :	decisiemens.
EVA :	Evaporation totale en mm.
F.D.P.S :	Ferme de Démonstration et de Production de Semence.
FAO :	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FX :	Vent max en m/s.
g:	gramme.
H %:	Humidité des graines.
INRAH	Institut National De Recherche Halieutique.
INS :	Durée d'Insolation en Heure.
ITDAS:	L'Institut Technique Développement Agricole Saharienne.
J :	jour.
L :	Longueur des feuilles étendards.
L.F :	Limon fin .
L.G :	Limon grossier .
m:	mètre..
m²:	mètre cartée.
Moy :	moyenne.
Moy B	moyenne de bloc.
Moy G	moyenne générale.
Moy T	moyenne de traitement.
NGS :	nombre des graines semées.
NPL :	nombre des Plants levés.

Liste des abréviations

NPp :	nombre de Panicules par plant.
NRH :	nombre des ramifications herbacées.
NRP :	nombre des ramifications panicules.
O.N.M :	Office National de Météorologie.
P :	Plants.
PF:	pois frais.
PH :	Pouvoir hydrogène.
PL :	rendement en paille .
Pp :	Précipitation.
Ps :	poids sec.
qx/ha :	quintaux/hectare'.
RR :	Cumul des pluies en mm.
S.F :	Sable fin .
S.G :	Sable grossier .
S.M :	Santa Maria .
T :	Température.
TDE:	Taux de déperdition d'eau'.
Tmax :	Température moyenne maximale en °C.
Tmin :	Température moyenne minimale en °C.
Trace :	Quantité de pluie inférieure à 0.1 mm.
Trait :	Traitement.
TRE :	teneur relative en eau.
Umax :	Humidité relative maximale en %.
Umin :	Humidité relative minimale en %.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Valeur nutritionnelle moyenne de quinoa pour 100g.....	11
Tableau 2 : Comparaison entre la composition des graines de quinoa et de blé en composés organiques et en cendres (g/100g de matière sèche)	12
Tableau 3 : Mécanismes de résistance du quinoa à la sécheresse.....	18
Tableau 4 : Mécanismes de résistance du quinoa au froid	20
Tableau 5 : Données climatiques de la région de Ouargla (2007-2017).....	23
Tableau 6 : Caractérisation physico-chimique du sol de site expérimentale	44
Tableau 7 : Caractérisation de l'eau d'irrigation.....	31
Tableau 8 : Certaines caractéristiques des variétés utilisées	31
Tableau 9: Test de germination.....	36
Tableau 10 : Dates des apports azotés.....	37
Tableau 11 : Planning et mode d'irrigation des plants de quinoa au cours de l'essai.....	38
Tableau 12: Variation du taux de levée et le test de germination en fonction de la variété. 45	
Tableau 13: Analyse de la variance pour le paramètre nombre de plants levés.....	45
Tableau 14: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre hauteur /plant (cm) au stade panicule	47
Tableau 15: Groupes homogènes pour le paramètre hauteur des plants.....	47
Tableau 16: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre ramification herbacée/plant.....	49
Tableau 17: Groupes homogènes pour le paramètre ramification herbacée/plant.....	49
Tableau 18 : Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre ramification panicule/plan.....	50
Tableau 19: Groupes homogènes pour le paramètre la ramification/ panicule.....	50
Tableau 20: Ratio ramification panicule/ramification herbacée	51
Tableau 21: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre poids de la panicule principale/plant.....	52
Tableau 22: Groupes homogènes pour le paramètre poids de la panicule principale/plant	53

Liste des tableaux

Tableau 23: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre surface foliaire	53
Tableau 24: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre poids de 1000 graines	56
Tableau 25: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre rendement machine .	57
Tableau 26: Groupes homogènes pour le paramètre rendement machine	58
Tableau 27 : Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre Biomasse aérienne sèche	59
Tableau 28 : Variation des paramètres de précocité en fonction de variétés	60

Liste des photos

Photo 1 : Culture de Quinoa en Bolivie.....	6
Photo 2 :Feuille du quinoa.....	6
Photo 3 :Graine de quinoa	7
Photo 4 :Quelques facteurs abiotiques et biotiques affectant la culture de quinoa dans l'altiplano.....	15
Photo 5 : a. Situation de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla ; b .Site expérimental	29
Photo 6 : Aménagement des parcelles élémentaires dans le site expérimental	35
Photo 7 : Test de germination.....	36
Photo 8 : Détermination du poids de la panicule principale.....	40
Photo 9 : Opération de séchage des panicules	42
Photo 10 : Principales espèces de pucerons recensés	62
Photo 11 : <i>Chrysoperlacarnea</i>	63
Photo 12 : <i>Coccinella septempunctata</i>	63
Photo 13 : Certaines espèces observées dans le site expérimentale	64
Photo 14 : Quelques facteurs abiotiques et biotiques affectant la culture dans notre syte expérimentale.....	66

Liste des figures

Figure 1 : Distribution géographique de la culture traditionnelle de quinoa en Amérique du Sud (la densité des points reflète l'importance relative de la culture)	4
Figure 2 : Phases phénologiques du quinoa	10
Figure 3: Situation géographique de Ouargla.....	22
Figure 4: Diagramme Ombrothermique de la région de Ouargla 2007-2017.	25
Figure 5: Situation de la région de Ouargla au niveau du climagramme d'Emberger.....	26
Figure 6 : Graines de variétés de quinoa utilisées	32
Figure 7 : Schéma du dispositif expérimentale	34
Figure 8 : Schéma d'une parcelle élémentaire.	35
Figure 9 : Forme de la panicule	41
Figure 10 : Porte de plant	41
Figure 11 : Variation de pourcentages des plants levés en fonction des variétés.....	46
Figure 12: Variation de la hauteur des plants au stade panicule (cm) en fonction des variétés	48
Figure 13 : Variation de nombre ramification herbacée / plant en fonction des variétés... ..	49
Figure 14: Variation de la ramification par plant en fonction des variétés.	51
Figure 15: Variation du poids de la panicule principale en fonction des variétés.....	53
Figure 16: Variation de la surface foliaire au stade panicule (cm ²) en fonction des variétés	54
Figure 17 : Formes et couleurs de panicule chez les variétés de quinoa étudiées.....	55
Figure 18 : Variation de poids de 1000 graines en fonction des variétés.....	57
Figure 19: Variation de rendement machine en fonction de variétés	59
Figure 20 : Variation de Biomasse aérienne (g/m ²) en fonction des variétés.....	60
Figure 21 : Variation de paramètres de précocité entre variétés testées.....	61

Introduction

En dépit de l'accroissement rapide de la population mondiale, laquelle dépassera les 9 milliards en 2050, et du changement climatique qui menace les ressources terrestres et en eau de plusieurs régions du monde, cette planète doit produire suffisamment de nourriture pour tous ses habitants (**Herbillon, 2015**).

La presque totalité de la nutrition de la population mondiale est fournis par les aliments en grain, dont 95% sont produits par les cultures céréalières (**Bonjean et Picard, 1990**). Dans ce cadre, le quinoa est une pseudo-céréales considéré comme une culture alternative majeure pour répondre aux pénuries alimentaires de ce siècle (**Ruiz et al., 2014**).

Cette espèce végétale est dotée d'un historique très important, il était adoré et d'ailleurs appelé « chisyama » ce qui signifiait « la mère de tous les graines », aussi est constituait un aliment de base des populations entre 3000 et 5000 an avant j.c, c'est une culture d'origine des Andes en Amérique du sud (région du lac Titicaca), principalement au Pérou et en Bolivie. (**Bazile et al., 2016**)

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 Etant, une plante alternative aux céréales sans gluten, cette espèce végétale est considérée aujourd'hui comme un aliment sain à haute valeur nutritionnelle (**Carmen Rosa Del Castillo Gutierrez, 2008**).

En fait, le quinoa est caractérisé par une teneur élevée en protéines : 14 à 21%, contre 7 à 12% chez la plupart des autres céréales (blé, riz, maïs, orge, etc.) (**Ayala et al. 2001 ; Bhargava et al. 2006**). Son principal intérêt nutritif réside dans sa composition équilibrée et complète en acide aminés essentiels (la lysine fait généralement défaut dans les autres céréales), comparable à celle du lait et supérieure à celle du blé et d'autres céréales (**Chauhan et al., 1992 ; Koziol, 1992 ; Ng et al., 2007**). Elle offre également un contenu en minéraux supérieur à celui des céréales classiques, en particulier en phosphore, magnésium, potassium et fer.

Par ailleurs, l'intérêt de cette plante réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrêmes (sécheresse, pauvreté des sols, salinité) soulignant son

efficacité dans la lutte contre la désertification d'autant plus que le quinoa se développe dans un milieu aride où il pourrait même donner des rendements acceptables (**Bazile et al., 2016**).

De ce fait, l'introduction du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives de développement, en raison de l'adaptation de cette espèce végétale associée aux céréales à différents climats. Du fait, qu'il croit sur des sols salés, le quinoa pourrait également être cultivé au Sud de l'Algérie où ce genre de sols occupe de grandes étendues.

Etant que, la réussite des essais de l'introduction des nouvelles plantes alternatives passe essentiellement par l'étude de possibilités d'adaptation au nouvel environnement, nous nous sommes proposé d'étudier le comportement et le potentiel de croissance et de production de cinq variétés de quinoa sous les conditions arides du Sud de l'Algérie, plus particulièrement dans la région de Ouargla.

Ainsi, ce manuscrit est divisé en trois parties :

- **La première partie** est consacrée à une synthèse bibliographique qui traite des généralités sur le quinoa (plante et culture) et sa physiologie d'adaptation aux conditions extrêmes.
- **La deuxième partie** illustre le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de notre approche expérimentale et lustre
- Enfin, **la troisième partie** est consacrée aux résultats obtenus accompagnés d'une discussion ponctuée et d'une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur le quinoa

I.1. Origine et historique

Le quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) est une espèce de plante herbacée annuelle de la famille des Chénopodiacées originaire de l'andine de l'Amérique de Sud, cultivée depuis jusqu'à plus de 4000 m d'altitude boliviano-péruvien. Elle présente des caractéristiques singulières dans sa morphologie, sa coloration et son comportement dans différentes zones agroécologiques. Cette pseudo-céréale dont la domestication remonte à 7000 ans environ (Mujica *et al.*, 2001) a été cultivée et consommée pendant des siècles par les populations paysannes indigènes de Colombie, Équateur, Pérou, Bolivie et Chili (Gandarillas, 1979). Grâce à ces générations d'agriculteurs le matériel génétique de cette espèce, comme celui d'autres plantes cultivées, a peut-être conservé, avec les caractéristiques propres de ce que l'on pourrait appeler un système de conservation adéquat in situ (Tapia, 2002).

I.2. Distribution géographique

La plante de quinoa est une pseudo-céréale largement répandue géographiquement. La faculté d'adaptation de l'espèce est très grande puisqu'elle peut la cultiver depuis le niveau de la mer au Chili, jusqu'à plus de 4000 m d'altitude sur l'Altiplano boliviano-péruvien, sous des climats allant du froid aride jusqu'au tropical humide. La figure N°01 montre la distribution géographique de la culture de quinoa en Amérique de Sud (Boubaiche, 2015).



Figure 1 : Distribution géographique de la culture traditionnelle de quinoa en Amérique du Sud (la densité des points reflète l'importance relative de la culture) (Bouaiche , 2015)

I.3. Classification botanique

La classification botanique de Cronquist (1981) du quinoa est comme suit :

- **Règne** : *Plantae*.
- **Sous-embr** : *Tracheobionta*.
- **Division** : *Magnoliophyta*.
- **Classe** : *Magnoliopsida*.
- **Groupe** : *Thalamiflorae*.
- **Sous-classe** : *Dicotyledonae*
- **Ordre** : *Caryophyllale*.
- **Famille** : *Chenopodiaceae*.
- **Genre** : *Chenopodium*.
- **Espèces** : *Chenopodium quinoa*.
- **Nom binominal** : *Chenopodium quinoa Willd.*

I.4. Culture de quinoa aux niveaux mondial

En 2014, la production mondiale du quinoa a dépassé 192 millions de tonnes localisé en Amérique ; Le Pérou 114.3 million de tonnes La Bolivie 77.3 millions de tonnes et l'Equateur 810000 tonnes (**FAOSTAT, 2016**). Le premier exportateur de la Bolivie est lié à la qualité du grain produit pour répondre à la demande internationale (Etats-Unis et Europe principalement). (**Laguna, 2002**).

I.5. Description botanique

La plante de quinoa montre une grande variabilité morphologique, concernant aussi bien les feuilles, que les panicules et les graines (**Tapia et al.,1979 ; Pinto,2002**). Les caractères morphologiques de port de la plante (ramification), forme de l'inflorescence (amarantiforme ou glomériforme), de la feuille et du grain sont les plus constants pour sa classification taxonomique. En revanche, la hauteur de la plante, comme sa couleur et celle du grain, sont des caractéristiques beaucoup plus variables et par conséquent peuvent provoquer des erreurs dans la classification de variétés (**Tapia et al.,1979**).

La plante comporte une racine pivotante, qui dans le processus initial de germination est le premier organe à se développer après quelques heures d'humectation. Sa croissance est en rapport étroit avec celle de la partie aérienne, des plantes de 1,70 m pouvant développer une racine de 1.50 m (**Tapia et al., 1979 ; Izquierdo et al., 2001**).

La tige, cylindrique au niveau du collet et anguleuse plus haut, peut atteindre une taille de 0.5 à 2 m selon la variété et les conditions de croissance, les quinoas des vallées ou des zones protégées et fertiles étant plus grandes que celles qui poussent au-delà de 4000 m, ou celles des zones froides (**Gandarillas ,1979 ; Cáceres, 1993 ; Mujica et Jacobsen, 1999**).



Photo 1 : Culture de Quinoa en Bolivie (FAO 2013)

Les feuilles présentent différentes longueurs sur une même plante. Celles de la tige principale sont plus longues que celles des ramifications. Les feuilles, alternes, ont un limbe polymorphe, en forme de losange, de triangle ou lancéolé, plat ou onduleux, un peu épais, charnu et tendre. Le nombre de dents ou de lobes des feuilles serait une caractéristique variétale, les feuilles des quinoas de Bolivie et du sud du Pérou comptant peu de dents.



Photo 2:Feuille du quinoa

La couleur prédominante de la plante est verte, mais chez les plantes adultes les couleurs de base sont rouges, pourpre et vert, selon le génotype (**Tapia et al. 1979**).

Le quinoa présente des fleurs hermaphrodites disposées en inflorescences en grappes, considérées comme de faux épis (panicules). En général le quinoa est une espèce autogame, avec environ 10% de pollinisation croisée (**Rea,1969**). Cependant, dans quelques variétés l'allogamie atteint jusqu'à 80%, ce qui est expliqué par la rareté des fleurs pistillaires (**Izquierdo et al.,2001**).

Le fruit est un akène, de forme cylindrique à lenticulaire, dans lequel l'embryon périphérique entoure le périsperme central (tissus de réserve), et se trouve couvert par le péricarpe et deux assises tégumentaires. Le péricarpe contient de la saponine en plus ou moins grande quantité et bien que chez certaines variétés (formes cultivées), il soit séparé facilement, dans d'autres (formes sauvages), il reste difficile à éliminer. Il existe trois formes de grain : coniques, cylindrique et ellipsoïdes. (**Pregoet al.,1998**).



Photo 3:Graine de quinoa (**TOUATI ,2018**)

1.6. Stades phénologiques du quinoa (FAO, 2013)

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

1.6.1. Stade levée

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

1.6.2. Stade deux feuilles vraies

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

1.6.3. Stade quatre feuilles

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

1.6.4. Six feuilles

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

1.6.5. Ramification

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

cotylédonaire, jaunies, tombent et laissent une cicatrice sur la tige. L'inflorescence n'est pas encore visible, recouverte et protégée par les feuilles.

1.6.6. Début de formation de la panicule

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

1.6.7. Panicule

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

1.6.8. Début de floraison

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

1.6.9. 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.

1.6.10. Grain laiteux

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

1.6.11. Grain pâteux

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

1.6.12. Maturité physiologique

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

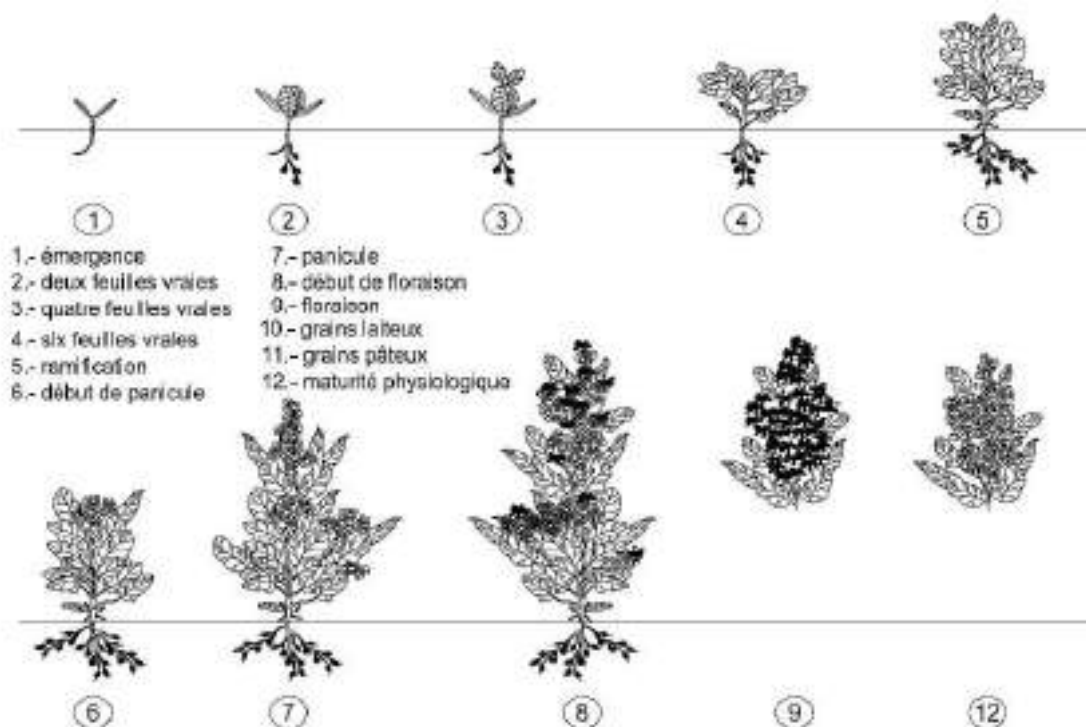


Figure 2 : Phases phénologiques du quinoa (FAO, 2001).

1.7. Valeur alimentaire

Les feuilles de quinoa sont mangées comme des épinards et les graines très abondantes et petites, comme chez le riz, sont consommées de différentes manières. Le quinoa a un potentiel nutritif important. elle se caractérise par une teneur élevée en protéines : 14 à 21% contre 7 à 12% chez la plupart des autres céréales (blé, riz, maïs, orge, etc.) (Bhargava *et al.*, 2006). Cependant, son principal intérêt nutritif réside dans sa composition équilibrée et complète en acides aminés essentiels (la lysine fait généralement défaut dans les autres céréales), comparable celle du lait et supérieure à celle du blé et d'autres céréales (Chauhan *et al.*, 1992). En outre, elle offre un contenu en minéraux très supérieur à celui des céréales classiques, en particulier en phosphore, magnésium, potassium et fer. Enfin, des études récentes

indiquent que le quinoa est une excellente source de vitamines, d'antioxydants et d'acides gras (Dini et al.,2004).il n'est donc pas surprenant que la FAO ait choisi le quinoa comme des cultures destinée à garantir la sécurité alimentaire, particulièrement pour les habitants des Andes qui l'ont historiquement cultivée , et qu'aux USA, en Europe occidentale et au japon, le quinoa soit commercialisée comme un aliment à haute valeur nutritive (Galwey,1993).

Tableau 1 : Valeur nutritionnelle moyenne de quinoa pour 100g (Souci, Fachmann et kraut, 2008)

<i>Apport énergétique</i>	
<i>Joules</i>	1415 KJ
<i>Calories</i>	334 kcals
<i>Principaux composants</i>	
<i>Protides</i>	14.8 g
<i>Lipides</i>	5.04 g
<i>Saturés</i>	505.7 mg
<i>Oméga-3</i>	200 mg
<i>Oméga-6</i>	2430 mg
<i>Oméga-9</i>	1300 mg
<i>Eau</i>	12.7 g
<i>Glucides</i>	58.5 g
<i>Fibres alimentaires</i>	6.64 g
<i>Cendres totales</i>	3.33 g
<i>Macro et microéléments (oligoéléments)</i>	
<i>Fer</i>	8.0 g
<i>Magnésium</i>	275 mg
<i>Manganèse</i>	2.8mg
<i>Phosphore</i>	328 mg
<i>Potassium</i>	804 mg
<i>Sodium</i>	9.6 mg
<i>Zinc</i>	505 mg
<i>Bore</i>	0.800 mg
<i>Calcium</i>	80 mg
<i>Chlore</i>	105 mg
<i>Cobalt</i>	0.0031 mg

Cuivre	1.787 mg
Vitamines	
Vitamine B1	0.170 mg
Vitamine B3 (ou PP)	0.450 mg
Vitamine E	4.0 mg

Tableau 2 : Comparaison entre la composition des graines de quinoa et de blé en composés organiques et en cendres (g/100g de matière sèche) (Tapia, 2000)

<i>Composé</i>	<i>Blé</i>	<i>Quinoa</i>
<i>Protéines</i>	12.5	11.0 - 21.3
<i>Lipides</i>	2 - 3	5.3 - 8.4
<i>Glucides</i>	67 - 71	53.5 - 74.3
<i>Fibres</i>	2 - 4	2.1 - 4.9
<i>Cendre</i>	1.5 - 2.5	3.0 - 3.6
<i>Humidité</i>	14.5	9.4 - 13.4

I.8. Utilisations

Les principales utilisations du quinoa peuvent être résumées comme suit :

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).

Industrie alimentaire : Les grains et la farine de quinoa peuvent servir à la préparation de la plupart des produits de l'industrie de la farine. Le quinoa peut être associé aux légumineuses telles que les fèves, les haricots rouges afin d'améliorer la qualité nutritionnelle.

Alimentation animale : La plante entière sert de fourrage vert.

Utilisations médicinales : Les feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires.

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

1.9. Techniques culturales

Le Quinoa est une culture d'automne à cycle court qui entre à maturité après 90 à 125 jours. Les variétés précoces sont généralement recommandées pour les hautes altitudes où la période favorable à la croissance est courte.

Les graines de taille proche à celle du millet (1.75 à 2 mm) sont produites sur des panicules et sont de forme aplatie sur deux côtés et arrondie autour. Leur couleur varie en fonction de la teneur en saponine du péricarpe (2 à 6%). L'embryon occupe 60% du volume de l'endocarpe ce qui donne à la graine une richesse en protéine supérieure à celle de toutes les céréales.

1.9.1. Exigences climatiques

La culture de quinoa nécessite une photopériode courte et une température basse pour une bonne croissance. Le Quinoa est cultivé sur des sols marginaux peu fertiles, tolère le déficit hydrique, le gel (-1 à 0°C) et s'adapte bien aux hautes altitudes de 2000 à 3000 mètres. Le Quinoa est par contre très sensible aux fortes températures au stade floraison ; celles supérieures à 35°C causent la dormance et les stérilités du pollen.

1.9.2. Type de sol

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 (pH 4.8) ou alcalins (pH 8.5).

1.9.3. Semis

Le Quinoa pousse mieux sous des températures basses de 7 à 10°C. 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.

1.9.4. Pratique culturales

La préparation du lit de semis est essentielle. Le Quinoa doit être semé en Octobre-novembre comme les céréales d'automne 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. En haute altitude, un semis de février convient mieux.

1.9.5. 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 35cm. 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. La dose de semis doit être doublée sous des conditions de levées contraignantes. Les meilleurs rendements ainsi que des plants moins ramifiés.

1.9.6. Fertilisation

Le Quinoa répond positivement à un rapport modéré d'azote. Au Colorado, le rendement maximal est obtenu avec 1.7 à 2 qx d'azote à l'hectare. Un apport excessif d'azote retarde la maturation et diminue le rendement au profit de la croissance végétative.

1.9.7. 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. En deçà, la taille des plantes est améliorée le rendement avec le risque de verse.

1.9.8. Contrôle des mauvaises herbes

Le contrôle de la mauvaise herbe 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. Les herbicides de réémergence sont les plus préconisées. Le semis tardif favorise la compétition entre espèces puisque la culture de quinoa est déjà bien établie à leur émergence.

1.9.9. Maladies

Les maladies et ravageurs peuvent apparaître rapidement après introduction du quinoa dans une région car celle-ci a des agents pathogènes en commun avec la betterave et les épinards. Plusieurs virus sont transmis par les pucerons. Les maladies comme la sclérotiniose (*Sclerotium rolfsii*), le mildiou (*peronospora farinosa*), le phoma (*phoma exigua*), Les taches foliaires (*Ascochyta hyalospora*), la pourriture grise (*Botritis cinerea*) et une bactériose (*Pseudomonas sp*) causent de sérieux dégâts dans les pays d'origine d'Amérique du nord et en grand Bretagne.

1.9.10. Insectes et ravageurs

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. La meilleure méthode de lutte contre les pucerons est d'irriguer quand la forme aillée apparaît sur les galles des pétioles des feuilles. Les dégâts causés les oiseaux sont aussi à craindre, mais les variétés riches en saponine sont moins exposées.

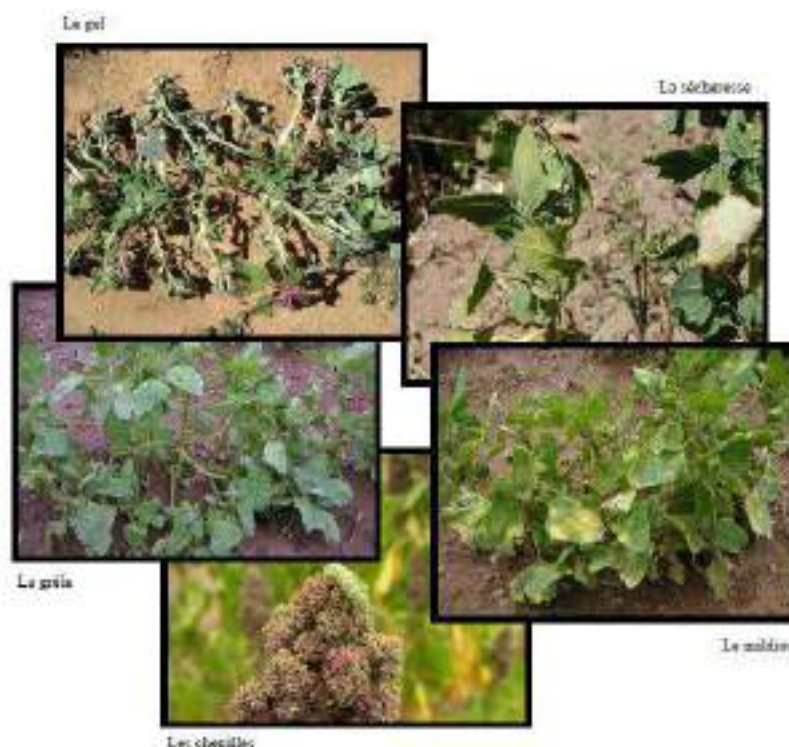


Photo 4 :Quelques facteurs abiotiques et biotiques affectant la culture de quinoa dans l'altiplano

1.9.11. Récolte

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

Le niveau de rendement en station expérimentale dans la région de khénifra est de 34 qx/ha. Avant d'utiliser le quinoa dans la consommation humaine ou animale, les graines sont soit lavées ou polis pour éliminer la saponine du péricarpe. Le polissage est fait à l'aide de machines de polissage du ris ou de blé.

1.10. Variétés

Il existe plus de 1000 variétés de quinoa (**Tapia, 2000**). Ces variétés peuvent être réparties en cinq groupes selon les adaptations morphologiques et physiologiques particulières qu'elles ont pu développer pour s'adapter à leur environnement.

- ✓ **Le premier groupe** est très différent des quatre autres, et se trouve à basse altitude et proche de la mer, dans un climat pluvieux (1000 à 1500 mm par an).
- ✓ **Le deuxième groupe** correspond aux quinoas subtropicaux des vallées humides amazoniennes, entre 1500 et 2000 m d'altitude avec une pluviométrie de 1000 à 2000 mm.
- ✓ **Le troisième** se rencontre dans les vallées andines situées entre 2000 et 3500 m d'altitude et qui ont des précipitations modérés (500 à 1500 mm).
- ✓ **Le quatrième** contient les variétés « l'Altiplaniques », qui se développe entre 3800 et 4100 m d'altitude, aux alentours du Lac ticaca ainsi que sur l'altiplano Nord et centre, avec des précipitations comprises entre 400 et 800 mm par an.
- ✓ **Le dernier groupe** contient les variétés proches des « salars », vastes déserts de sel du sud de l'Altiplano bolivien et de la frontière avec le Chili. Les précipitations annuelles dans la région, caractérisée par un climat aride, ont en moyenne inférieure à 300 mm (**Rojas et al., 2010**).

I.11 Physiologie d'adaptation du quinoa aux conditions écologiques extrêmes

La large distribution géographique de quinoa témoigne de la grande faculté d'adaptation de cette espèce qui a dû développer divers mécanismes de défense afin de résister à la sécheresse fréquente, au sel, au gel, au vent (**Herbillon, 2015**).

I.11.1 Résistance à la sécheresse

Bien que le quinoa présente divers mécanismes de résistance au stress hydrique, la sécheresse est un des facteurs les plus courants de baisse des rendements en grain, même si des sécheresses modérées en début de cycle ont plutôt un effet positif d'endurcissement des plantes (**Bosqueet al.2003**). Face au stress hydrique, le quinoa montre un bon maintien de ses capacités photochimiques, ce qui explique la récupération rapide et complète de l'activité physiologique dès que l'alimentation en eau redevient normale (**Winkel et al.,2002; Bosqueet al., 2003**). L'efficacité de la photosynthèse est particulièrement forte en phase juvénile ce qui soutient la vigueur initiale des plantes, favorise la capture de l'eau et par conséquent accroît la résistance à des phases ultérieures de déficit hydrique (**Jensen et al.,2000**).

Les stomates du quinoa ont une grande capacité de contrôle permettant de limiter les pertes d'eau, mais leurs possibilités d'ajustement osmotique sont réduites (**Jensen et al., 2000**). **Mujica et Jacobsen (1999)** signalent que la diminution du nombre de stomates est aussi une stratégie observée chez le quinoa pour réduire la transpiration foliaire.

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 3 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 Jacobsen ,1999**). Le quinoa est ainsi capable d'accumuler des ions salins dans ses tissus pour ajuster le potentiel hydrique foliaire. Cela lui permet de maintenir la turgescence cellulaire et de limiter sa transpiration, évitant des dommages physiologiques que pourrait causer la sécheresse.

Le rôle des vésicules riches en oxalate de calcium et en pigments existants à la surface des jeunes feuilles et des inflorescences n'est pas encore éclairci, mais, il été supposé qu'elles protègent la plante de l'excès de radiation solaire et l'aident à résister à la sécheresse en intervenant dans les relations hydriques ou en formant un microclimat autour des feuilles (Mujica et Jacobsen 1999 ; Izquierdo *et al.*, 2001).

En générale, les différents mécanismes morphologiques, anatomiques, phénologiques et biochimiques de la résistance du quinoa à la sécheresse sont résumés dans le tableau N°03.

Tableau 3 : Mécanismes de résistance du quinoa à la sécheresse (Mujica *et al.*, 2001).

<i>Types de mécanismes</i>	<i>Caractéristiques</i>
<i>Morphologiques.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction de taille des plantes entières ou des feuilles. ▪ Réduction de la surface foliaire par perte de feuilles. ▪ Plasticité du développement et de la croissance. ▪ Repli des feuilles sur la panicule.
<i>Physiologiques.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plus grande résistance stomatique. ▪ Récupération rapide des capacités photosynthétiques 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. ▪ Plus grande vitesse d'absorption d'eau. ▪ Plus grande tolérance au sel.
<i>Anatomiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plus grand développement racinaire (en densité et profondeur). ▪ Réduction du nombre et de la taille des stomates.
<i>Phénologiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement racinaire plus rapide dans les premières étapes de croissance. ▪ Asynchronisme dans la phase de floraison. ▪ Raccourcissement de la phase de floraison. ▪ Développement Phénologiques plus rapide.

Biochimiques

- Résistance ontogénique (endurcissement par les stress antérieurs).
- 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 durant les périodes de sécheresse.

I.11.2 Résistance à la salinité

La zone majeure de production du quinoa étant située entre les salars boliviens, certains sols ou eaux d'irrigation peuvent avoir des concentrations en sel non négligeables. D'après **Bosque et al. (2001 ;2003)**, les variétés du groupe "Salar" peuvent résister à des niveaux de salinité compris entre 8 et 15 mS/cm sans diminution de leur biomasse. **Jacobsen et al. (2000)** ont trouvé chez ces variétés un maintien du rendement jusqu'à une salinité de 25 mS/cm. une diminution de rendement de 50% a été observé par le même auteur lorsque la salinité dépasse les 30 mS/cm. **Mujica et al. (2001)** parlent même d'une germination possible à 52 mS/cm, mais retardée de 25 jours.

En conditions salines, le quinoa se comporte donc comme un halophyte facultatif et pourrait être utilisé pour nettoyer des sols contaminés par le sel (**Jacobsen et al., 2000**). Cette plante est capable d'accumuler des ions salins dans ses tissus afin d'ajuster le potentiel hydrique des feuilles. Cela lui permet de maintenir la turgescence cellulaire et de limiter la transpiration dans des conditions salines, évitant ainsi les dommages physiologiques d'un épisode de sécheresse (**Herbillon, 2015**).

I.11.3 Résistance au froid

De nombreuses variétés Altiplaniques et du Salar sont relativement résistantes à la grêle, grâce à un enroulement des feuilles, une tige et un épi plus solides, une surface foliaire réduite avec des feuilles plus petites. Certaines peuvent résister à la neige par un système racinaire et une ramification plus importante qui assurent un soutien plus grand de la plante.

Une teneur élevée en sucres solubles confère une tolérance supplémentaire au gel par un abaissement significatif de la température de congélation et de la température moyenne létale (Jacobsen *et al.*, 2005).

Si l'on compare la sensibilité au gel à différentes phases de croissance, le quinoa apparaît plus vulnérable pendant la floraison, qui est également l'étape la plus sensible au stress hydrique. La température moyenne adéquate pour la culture du quinoa se situe autour de 15-20 °C. Cependant, Il a été observé qu'avec des températures moyennes de 10°C, la culture se développe parfaitement. À des températures supérieures à 38°C, les fleurs avortent, et les stigmates et les étamines meurent. Pour les températures basses, les phases de préfloraison et floraison sont sensibles et ne peuvent résister que jusqu'à -3°C (Canahuaet Rea1979 ; Bois *et al.*, 2006). Le tableau N°04 présente quelques mécanismes de résistance de la plante de quinoa au froid.

Tableau 4 : Mécanismes de résistance du quinoa au froid (Mujicaet *al.*, 2001).

Type des mécanismes	Caractéristiques
<i>Morphologiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chute de feuilles. ▪ Réduction de la taille des feuilles. ▪ Réduction de la taille de la plante.
<i>Physiologiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mouvements des feuilles et de la tige. ▪ Osmoregulation de la formation de glace dans l'apoplaste ▪ résistance au sous refroidissement.
<i>Anatomiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stomates moins nombreux et plus grands.
<i>Phénologiques</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Phases phénologiques plus tolérantes au froid, prolongation ou raccourcissement des phases phénologiques.

Biochimiques

- Accumulation de métabolites (sucres solubles, proline et protéines).

Jacobsen et al. (2005, 2007) ont démontré qu'un écotype résistant de quinoa (Witulla) avait accumulé 11% de sucres solubles de plus que le génotype sensible (Quillahuaman), ce qui signifierait que les sucres solubles joueraient un rôle d'osmorégulateurs, en évitant la sortie de l'eau de l'intérieur de la cellule lorsque le liquide apoplasmique gèle. Cette différence de réaction physiologique face au gel semble être une réponse adaptative puisqu'elle est en relation avec l'origine géographique des écotypes, Witulla provenant des hauts plateaux froids et Quillahuaman des vallées plus tempérées.

1.11.4 Résistance à la photopériode

La photopériode est un autre facteur important pour le développement chez beaucoup d'espèces végétales, affectant notamment le développement floral. Les réponses observées par **Bertero et al., (1999)** sur la relation photopériode et température fournissent une explication partielle du manque de génotypes andins de quinoa pouvant s'adapter aux conditions de jours longs et de températures plus élevées des pays de haute latitude.

1.11.5 Résistance au Vent

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

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Ce chapitre est consacré à la description de la région d'étude, la situation géographique, les facteurs climatiques et édaphiques de la région d'étude.

I.1. - Situation géographique

La région de Ouargla se situe à 800 km au sud-est de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 163 233 km², et limitée au nord-est par la wilaya d'El Oued, nord-ouest par la wilaya de Djelfa, au sud-est par la wilaya d'Illizi et l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa. Ses coordonnées géographiques sont :

Les latitudes (29°13' à 33° 42' N) et les longitudes (3° 06' à 5° 20' E) (Figure N°04) (**Rouvilleis-brigol, 1975**).

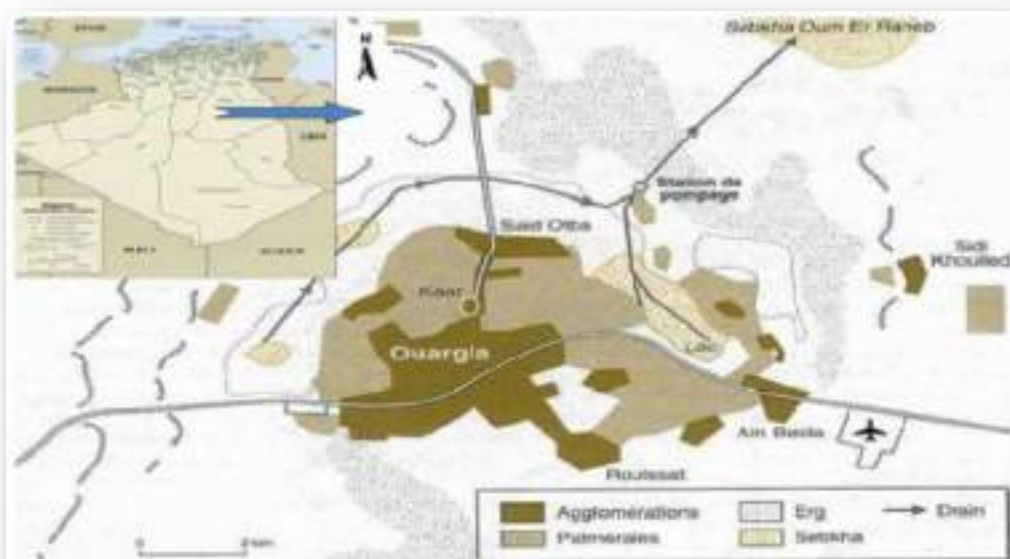


Figure 3: Situation géographique de Ouargla (COTE, 1998)

I.2. Facteurs climatiques

Selon **Rouvillois brigol (1975)**, le climat de Ouargla est particulièrement contrasté malgré la latitude relativement septentrionale. 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. L'étude du climat de la région d'Ouargla, a été faite sur une période de 10 ans (2007-2017), les paramètres utilisés pour cette étude proviennent des données recueillies auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM) d'Ouargla.

Tableau 5 : Données climatiques de la région de Ouargla (2007-2017)

	T°			H	V	P	$E.$	I
	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	T_{moy} (°C)	(%)	du vent Km/h	(mm)	(mm)	(Heure)
Jan.	5,18	19,34	12,26	57,35	8,15	8,51	93,49	249,60
Fév.	7,10	21,47	14,29	48,46	9,37	3,94	128,15	239,26
Mar.	10,53	25,50	18,02	43,45	10,11	5,77	189,02	270,14
Avr.	15,25	30,69	22,97	37,55	11,43	1,67	238,84	280,92
Mai.	20,05	35,40	27,72	31,29	11,54	1,79	317,54	301,59
Jui.	24,82	40,50	32,66	27,98	10,40	0,74	378,58	237,60
Jui.	27,86	43,58	35,72	24,56	9,30	0,32	436,60	324,02
Août.	27,40	42,70	35,05	27,22	9,10	0,70	396,55	338,00
Sept.	23,73	38,23	30,98	36,31	9,61	5,16	282,78	264,63
Oct.	17,43	31,85	24,64	43,41	9,63	6,92	210,32	267,01
Nov.	10,28	24,34	17,31	52,43	7,50	2,69	122,33	252,15
Déc.	5,81	19,52	12,67	58,94	7,51	4,01	85,72	229,24
Moy	16,29	31,09	23,69	40,75	9,47	* 42,21	239,99	271,17

* : Cumul

Source (O.N.M. Ouargla, 2018)

I.2.1. Températures

La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées qui peuvent dépasser les 40°C. Les températures moyennes enregistrées sur dix ans pour la période (2007-2017) (Tableaux N°05) permettent de constater que la température moyenne annuelle est de 23.69°C. Le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec un maximum de 35.72°C et le mois le plus froid est celui de Janvier avec minimum de 12.26°C.

1.2.2. Précipitations

Selon **Dubief (1953)**, les précipitations sahariennes sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares. Les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles sont de l'ordre de 42.21 mm par an pour la période étudiée. L'impact des pluies sur le lessivage des sels dans le sol est faible et ne peut pas satisfaire les besoins des cultures. L'irrigation dans ces conditions est obligatoire.

1.2.3. Evaporation

L'évaporation est un paramètre climatique important à connaître dans la mesure où elle permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère. La région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents, notamment par ceux qui sont chauds, elle est de l'ordre de 239,99 mm/an, avec une valeur maximale de 436,6 mm au mois de Juillet (Tableaux N°05). Ce niveau d'évaporation favorise l'accumulation des sels à la surface du sol par remontée capillaire.

1.2.4. Humidité

Le taux d'humidité relative est variable en fonction des saisons, il atteint son maximum au mois de décembre avec un taux de 58 %, et une valeur minimale au mois de juillet avec un taux de 24,56% avec une moyenne annuelle de 40,75% (Tableau N°05). Le niveau d'humidité faible notamment en été contribue à augmenter le potentiel de l'évapotranspiration.

1.2.5. Insolation

La région de Ouargla est caractérisée par une forte insolation. L'insolation correspond à la durée d'éclairement du sol par le soleil. La durée moyenne d'insolation dans la cuvette de Ouargla est de 271,17 h/mois, avec un maximum de 338 heures en Août et un minimum de 229,24 heures en Décembre.

1.2.6. Vents

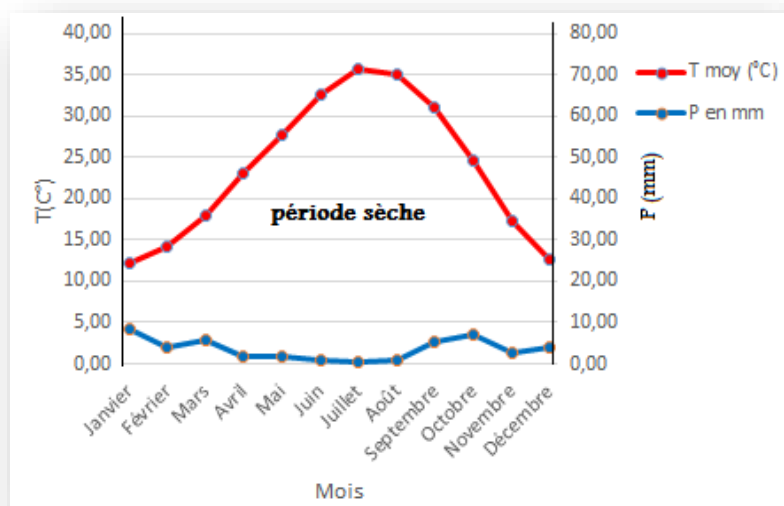
Dans la région d'Ouargla, les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-est /Sud-ouest. D'après les données de l'ONM, dans la période d'observation (2007-2017) la vitesse moyenne annuelle des vents est de 9,47 km/h. La valeur maximale est enregistrée au mois d'avril avec 11,54km/h. La vitesse de vent peut contribuer notamment en été à transporter les accumulations salines à la surface des sols.

I.3. Classification climatique

I.3.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec $P=2T$. Le Diagramme Ombrothermique de la région de Ouargla établit à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 10 ans, et montrent que la période sèche s'étale sur tout l'année ce qui favorise la salinisation (Figure N°04).

Figure 4: Diagramme Ombrothermique de la région de Ouargla 2007-2017.



I.3.2. Climagramme d'Emberger

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique. Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

Formule de Stewart :

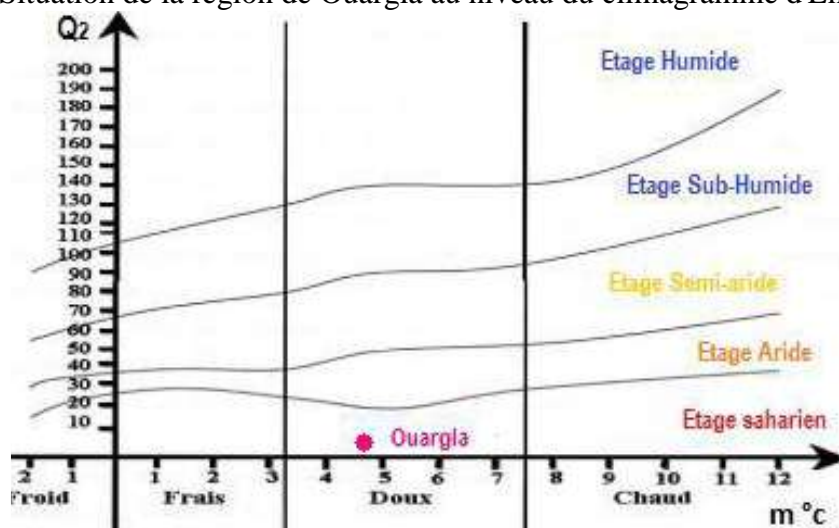
$$Q_2 = 3,43 \times PM - m$$

- Q_2 : le quotient pluviométrique d'EMBERGER ;
- P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm = à 42,21mm ;
- M : Moyenne maximale du mois le plus chaud = à 43,58°C ;

- m : Moyenne minimale du mois le plus froid = à 5,18C.
- 3,43 = Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie.

Après application de la formule, nous obtenons la valeur de Q2 égale à 2,88 ce dernier situe Ouargla dans l'étage saharien à hiver doux (Figure N°05).

Figure 5: Situation de la région de Ouargla au niveau du climagramme d'Emberger.



I.4. Hydrogéologie

Au Sahara septentrional, le bassin sédimentaire constitue un vaste bassin hydrogéologique (Figure N°05) d'une superficie de 780 000 Km², avec un maximum d'épaisseur de 4000 à 5000 m, où les potentialités du Sahara algérien en terme de ressource en eau, sont évaluées à 5 milliards de m³ (Castany, 1982 in Chehema, 2011). Selon Rouvillois Brigol (1975), quatre ensembles aquifères de plus ou moins grande importance existent dans le sous-sol de la région d'Ouargla :

I.4.1. Nappe phréatique

A une profondeur variant de 1 à 8 m selon les lieux et la saison. Elle s'écoule du Sud vers le Nord suivant la pente de la vallée. Son alimentation est complexe et varie selon les points de la vallée. La plus importante, vient des excédents d'irrigation et des eaux de lessivage des palmeraies d'Ouargla et de Ngoussa.

I.4.2. Nappe du Miopliocène

L'exploitation de la nappe du Miopliocène est extrêmement ancienne. La nappe s'écoule du SSW vers le NNE en direction du chott Melrhir.

1.4.3. Nappe du Sénonien

La seconde nappe artésienne du sous-sol de la vallée de l'Oued Mya est encore très mal connue. Le débit de cette nappe Sénonien-Eocène reste ainsi très faible et sans commune mesure avec les possibilités de la nappe albienne.

1.4.4. Nappe de l'Albien

Le dernier niveau aquifère est celui des argiles sableuses et des grès du Continental Intercalaire. Le toit en est formé par les marnes et argiles gypsifères du Cénomaniens dont la base se situe entre 1000 m et 1100 m de profondeur. Les niveaux aquifères s'étagent entre 1120 m et 1380 m de profondeur avec un écoulement générale du sud vers le nord. L'énorme réservoir alimenté par

1.5. Pédologie

Du point de vue pédologique, la région d'Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération (**Rouvillois-Brigol, 1975**). D'après l'étude de **Hamdi Aissa et Girard (2000)**, la région d'Ouargla est caractérisée par les 5 pédopaysages suivants d'Ouest en Est :

- **Sur le plateau : LITHOSOL** pétrocalcarique de Hamada à encroûtement gypseux en profondeur ;
- **Sur le glacis : REGOSOL** sableux à graviers, saliques ;
- **Dans le chott, SALISOL** chloruré sulfaté à horizon gypseux et pétrogypsiq de surface ;
- **Dans la sebkha**, il s'agit d'un **SALISOL** chloruré sulfaté, avec ou sans horizon gypseux et/ou calcarique ;

Les dunes, sont des *Regosols* sableux. Il existe aussi des cordons dunaires. Enfin dans les talwegs et sur les versants rocheux, on trouve en surface des affleurements de grès rouge du Miopliocène.

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

II.1. Présentation de site d'étude

L'étude s'est déroulée dans l'exploitation de l'université d'Ouargla (Photo N°05). Cette dernière se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Elle s'étend sur une superficie de 32 hectares aménagés, répartis sur quatre secteurs notés A, B, C et D occupant chacun une superficie de 3,6 hectares et cultivés essentiellement par le palmier dattier (Mahbob, 2008). Notre essai a été effectué au niveau de secteur A.

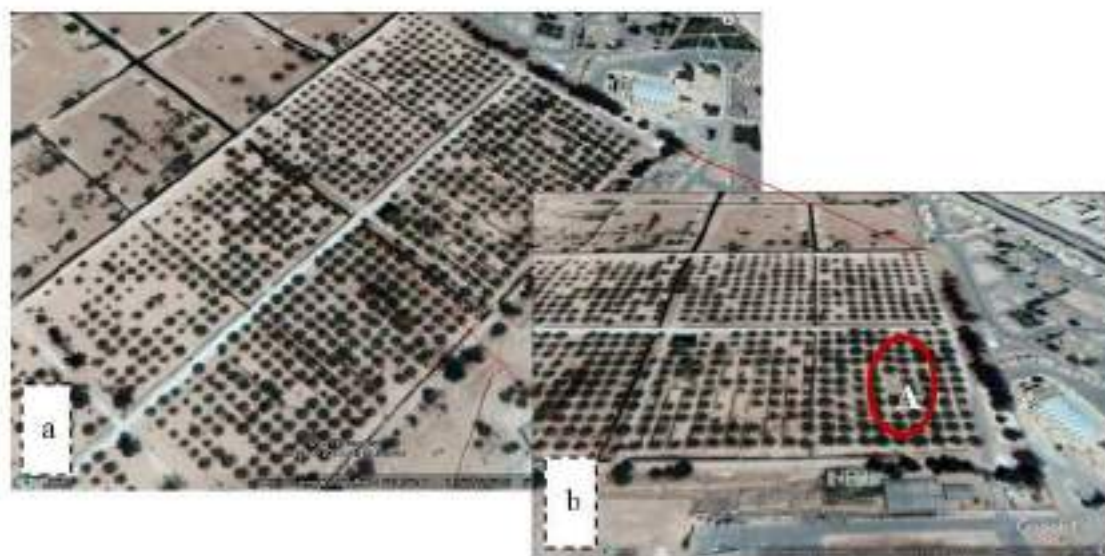


Photo 5 : a. Situation de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla ; **b.** Site expérimental (Google Earth ,2018)

II.2. Matériel d'étude

II.2.1. Matériel pédologique

II.2.1.1 Méthodes d'analyse du sol

La caractérisation physico-chimique du sol a été effectuée suivant les méthodes analytiques suivantes :

II.2.1.2 Granulométrie

La granulométrie est déterminée par tamisage humide, à travers une série de tamis à différents diamètres (1mm,0.5mm, 0.2mm,0.1mm et 0.05 mm) (Aubert,1978).

II.2.1.3 pH

Sur une suspension de terre fine de rapport terre/eau de 1/5, est mesurée à l'aide d'un Ph mètre (Soltener, 2005).

II.2.1.4 Conductivité électrique (CE e.1:5)

La C.E (25°C) du sol a été mesurée par un conductimètre, l'extrait du sol d'un rapport : 1/5 de sol /eau (Mathieu et Pieltain, 2009).

II.2.1.5 Dosage du calcaire total

Le dosage du calcaire total est réalisé par la méthode du calcimètre de Bernard (Mathieu et Pieltain, 2009). Ce dosage est fondé sur la réaction caractéristique du carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique :

Le volume du CO₂ dégagé est proportionnel à la quantité de carbonate de calcium existante dans l'échantillon analysé :

$$\text{Taux de CaCO}_3 \text{ en } \% = (P'.V) / (P.V) \times 100$$

P : poids de l'échantillon (en gramme).

P' : poids de CaCO₃.

V : volume de CO₂ dégagé par l'échantillon.

II.2.2. Eau d'irrigation

L'eau utilisée pour l'irrigation est pompée à partir de la nappe de Miopliocène. Les caractéristiques de cette eau sont présentées dans le tableau N°07. Selon la classification des eaux d'irrigation **Riverside modifié par Durand (1958)**, cette eau est impropre à l'irrigation dans les conditions ordinaires, mais elle peut être utilisée lorsque les sols sont perméables avec un drainage adéquat. Il est à noter que la CE est de 3,17 (dS m⁻¹) et le sel dominant au niveau de l'eau d'irrigation est le NaCl.

Tableau 6 : Caractérisation de l'eau d'irrigation

<i>Paramètre</i>	<i>pH</i>	<i>CE</i> (<i>dS m⁻¹</i>)	<i>Éléments mg/l</i>						<i>SAR</i>
<i>Eau d'irrigation</i>	7.81	3.17	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	6.94
			590	29	956.2	1050	129.2	330	

Source : (ANRH, 2011)

II.2.3. Matériel végétale

Le matériel végétal retenu pour notre essai est composé de deux variétés et trois populations de quinoa (figure N°06). Les semences ont été récupérées auprès de l'ITDAS de Hassi Ben Abdallah et de Biskra. Certaines caractéristiques du matériel végétal utilisé sont présentées dans le tableau 08 :

Tableau 7 : Certaines caractéristiques des variétés utilisées

<i>Identificateur</i>	<i>Code</i>	<i>Source</i>	<i>Origine</i>	<i>Lignée</i>
<i>V1</i>	Q102 (Amarilla Sacaca)	Nouvelle variété ITDAS	Péruvienne	Variété
<i>V2</i>	Q29	ITDAS	Population	variété Population
<i>V3</i>	Q27	ITDAS	Population	variété Population
<i>V4</i>	Q18	ITDAS	Population	variété Population
<i>V5</i>	Santa Maria	ITDAS	Iran	Variété

Source :ITDAS,2015.



Figure 6 : Graines de variétés de quinoa utilisées (TOUATI , 2018)

II.3. Méthodes d'étude

II.3.1. Protocole expérimental

II.3.1.1. Objectif de l'essai

L'objectif de l'essai est d'évaluer le potentiel de croissance et de production de cinq variétés de quinoa sous les conditions édaphoclimatiques de la région de Ouargla. Pour ce faire, on a entamé cette étude comparative afin de caractériser la meilleure variété sous nos conditions expérimentales en terme de croissance, de rendement et de précocité.

II.3.1.2. Dispositif expérimental

L'essai est conduit en irriguer sous palmier au niveau de l'exploitation agricole de l'université de Ouargla. Le dispositif expérimental contient trois blocs (3 répétitions). L'essai englobe au total 15 parcelles élémentaires. La superficie de chaque parcelle élémentaire est de (2.4m x 4 m = 9,6 m²) avec les détails suivants :

- L'espace entre la limite gauche de la parcelle et le premier poquet est de 12.5 cm ;
- L'espace entre la limite droite de la parcelle et le dernier poquet est de 12.5 cm ;
- L'espace entre deux poquets dans la même ligne est de 25 cm ;
- L'espace entre deux lignes est de 40 cm ;
- Le nombre de poquets par ligne est de 16 poquets (Figure N°08).

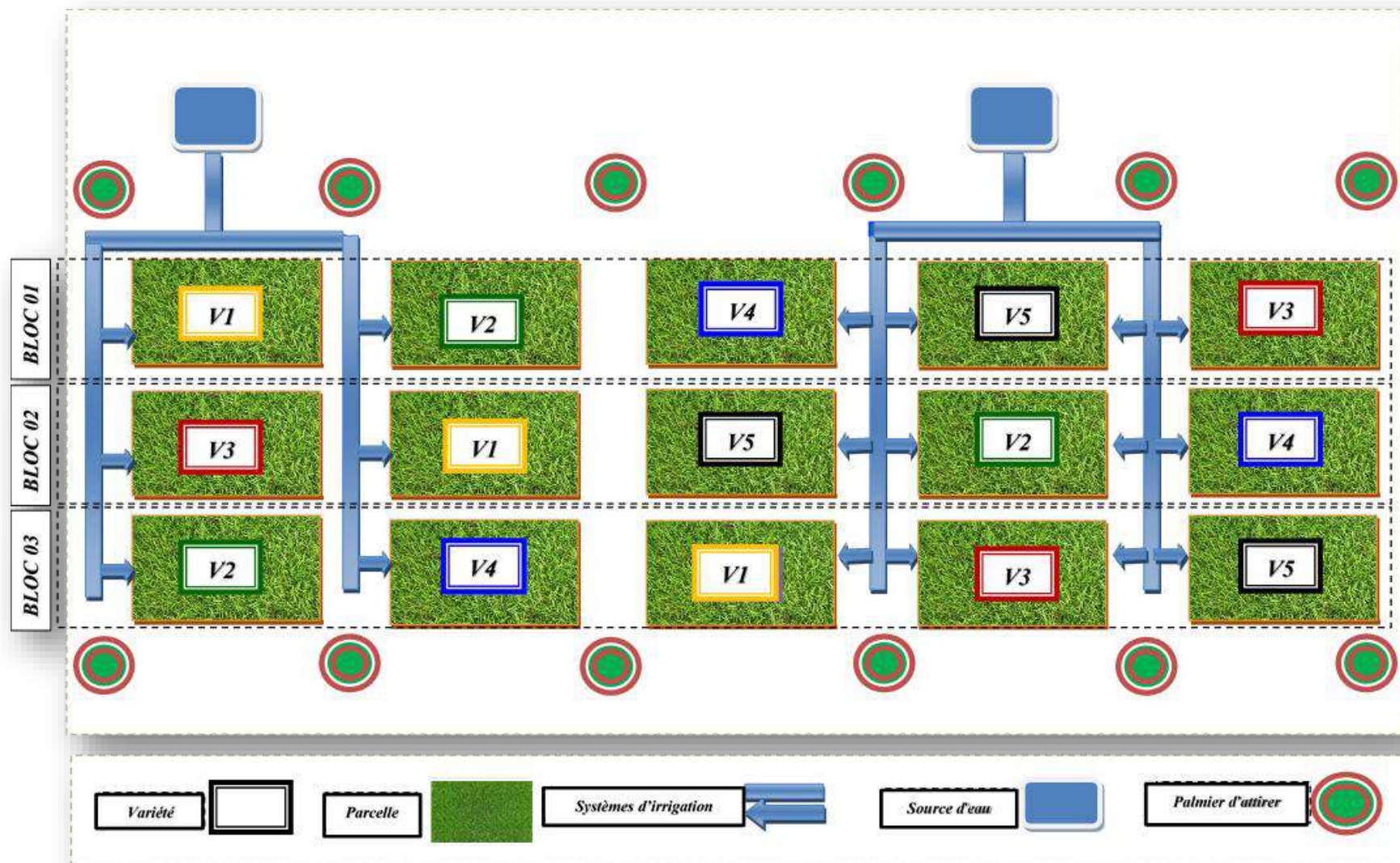


Figure 7: Schéma du dispositif expérimentale(TOUATI , 2018)

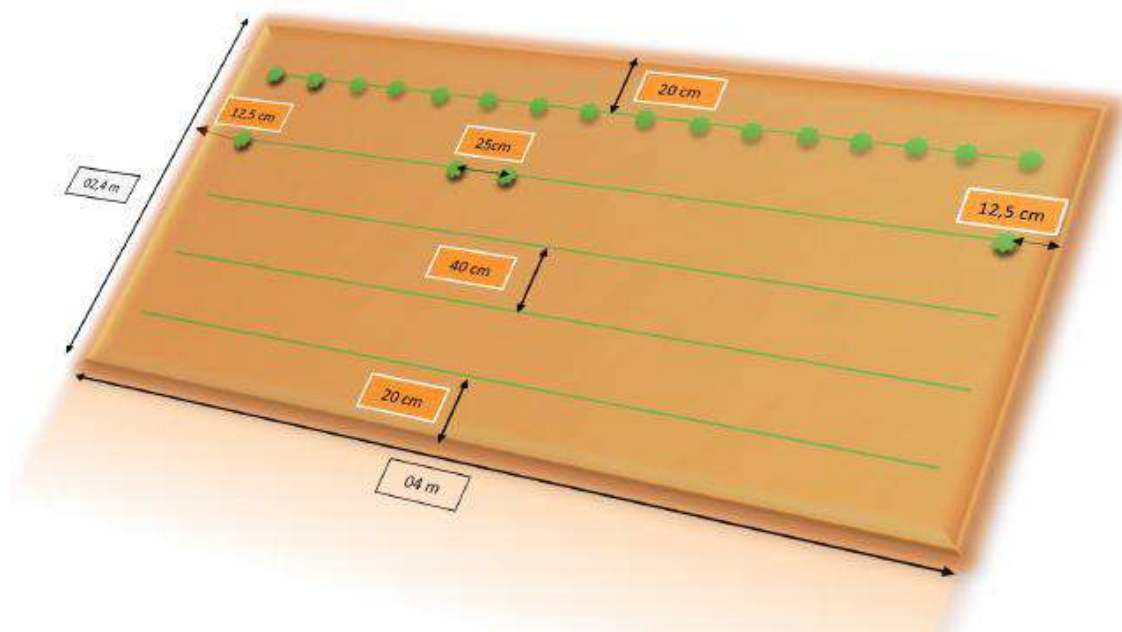


Figure 8 : Schéma d'une parcelle élémentaire.(TOUATI,2018)



Photo 6 : Aménagement des parcelles élémentaires dans le site expérimental(TOUATI,2018)

II.3.2. Conditions de déroulement de l'essai

Après l'organisation et l'aménagement de site expérimental, nous avons adopté la conduite culturale suivante :

II.3.2.1. Préparation du sol

Le labour a été effectué en fin d'Octobre à l'aide d'une simple houe. Par la suite un nivellement a été réalisé manuellement au début de Novembre pour éliminer les mauvaises herbes et de préparer le lit de semences. Le travail du sol a été suivi enfin par une pré-irrigation dans le but de lessiver les sels et de faire germer le stock des semences des cultures précédentes.

II.3.2.2. Test de germination

La détermination du pourcentage de graines susceptibles de germer est réalisée par l'imbibition de 20 graines dans l'eau en conditions normales, pendant 72 à 120 heures.

Tableau 8: Test de germination.

Variété	Total	Germées	Taux
<i>Q102</i>	20	19	95%
<i>G29</i>	20	20	100%
<i>Q27</i>	20	20	100%
<i>Q18</i>	20	20	100%
<i>Santa maria</i>	20	19	95%



Photo 7 : Test de germination (TOUATI,2018)

II.3.2.3. Semis

Afin d'améliorer le taux de levée ; les semences ont été réfrigérées pendant une semaine avant le semis. Le semis a été réalisé manuellement le 22 Novembre 2017 en poquet avec trois à quatre graines par poquet (FAO, 2013). La profondeur de semis est de 1 à 2 cm. Une fois préparés, les poquets contenant les graines ont été recouverts par un mélange de tourbe et de sable à pourcentage égale (50% terreaux et 50% sable). Cette opération est suivie enfin par un damage du sol.

II.3.2.4. Fertilisation minérale**II.3.2.4.1. Fumure du fond**

Au moment du labour deux éléments fertilisants ont été apportés :

- Le phosphore TSP est apporté à la dose de 244.93 g/ 9.6 m².
- Le potassium (50%) est apporté à la dose de 144 g/9.6 m².

II.3.2.4.2. Fertilisation azotée (Urée 46%)

La dose totale à apporter durant le cycle végétatif de la culture est de 150 U/ha d'azote (144g/9.6m²). Cette dose a été fractionnée sur 03 apports toute en évitant le stade de floraison.

Tableau 9 : Dates des apports azotés

<i>Apport</i>	<i>Date</i>
<i>01^{er} apport</i>	19/12/2017
<i>02^{ème} apport</i>	20/01/2018
<i>03^{ème} apport</i>	07/02/2018

II.3.2.5. Irrigation

Le système d'irrigation adopté est la submersion de type traditionnel, L'irrigation a été effectuée suivant le planning mentionné dans le tableau N° 11. (Nous avons arrêté l'irrigation une semaine avant la récolte).

Tableau 10 : Planning et mode d'irrigation des plants de quinoa au cours de l'essai

<i>Apport</i>	<i>Date</i>	<i>Moyenne</i>
<i>Pré-irrigation</i>	15/11/2017	submersion
<i>Au moment de semi</i>	22/11/2017	Arrosoir
<i>01^{er}</i>	26/11/2017	Arrosoir
<i>02^{ème}</i>	30/11/2017	Arrosoir
<i>03^{ème}</i>	05/12/2017	Arrosoir
<i>04^{ème}</i>	07/12/2017	Arrosoir
<i>05^{ème}</i>	12/12/2017	submersion
<i>06^{ème}</i>	19/12/2017	submersion
<i>07^{ème}</i>	26/12/2017	submersion
<i>08^{ème}</i>	05/01/2018	submersion
<i>09^{ème}</i>	13/01/2018	submersion
<i>10^{ème}</i>	20/01/2018	submersion
<i>11^{ème}</i>	27/01/2018	submersion
<i>12^{ème}</i>	02/02/2018	submersion
<i>13^{ème}</i>	09/02/2018	submersion
<i>14^{ème}</i>	16/02/2018	submersion
<i>15^{ème}</i>	23/02/2018	submersion
<i>16^{ème}</i>	02/03/2018	submersion
<i>17^{ème}</i>	09/03/2018	submersion
<i>18^{ème}</i>	16/03/2018	submersion
<i>19^{ème}</i>	23/03/2018	submersion
<i>20^{ème}</i>	29/03/2018	submersion
<i>21^{ème}</i>	15/04/2018	submersion

II.3.2.6. Désherbage

Le désherbage a été réalisé manuellement à raison de deux fois par semaine.

II.4. Etude de paramètres de croissance et de rendement (suivi morphologique)

II.4.1. Lectures et mesures (méthodes de détermination des paramètres étudiés)

II.4.1.1. Paramètres liés à la croissance végétative

Les mesures ont été réalisées sur un échantillon de dix plants au niveau de chaque parcelle élémentaire, par la suite en calcul la moyenne pour chaque paramètre.

II.4.1.1.1. Le nombre de plants levés par parcelle

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

II.4.1.1.2. Hauteur des plants au stade panicule

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

II.4.1.1.3. Nombre de ramifications herbacées par plant

Pour chaque parcelle, sur dix plants pris au hasard dans la parcelle élémentaire (en évitant les bordures) on compte le nombre de ramification par plant.

II.4.1.1.4. Nombre de ramification panicule par plant

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.

II.4.1.1.5. Poids de la panicule principale

A la maturité, au niveau de chaque parcelle, on prend dix plants au hasard (en évitant les bordures), puis la panicule principale est coupée et pesée pour chaque plant.



Photo 8 : Détermination du poids de la panicule principale

II.4.1.1.6. Surface foliaire (FAO,2013)

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 :

1. Placer les feuilles sur des papiers.
2. Découper les contours de la feuille.
3. Peser la partie représente la feuille (pf).
4. Déterminer par pesée le pois (Pp) correspondant à une surface Sp connue d'un carré du même papier.
5. Déduire la surface de la feuille SF par la formule suivante :

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

II.4.1.1.7. Forme de la panicule

1. Glomérisforme (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).

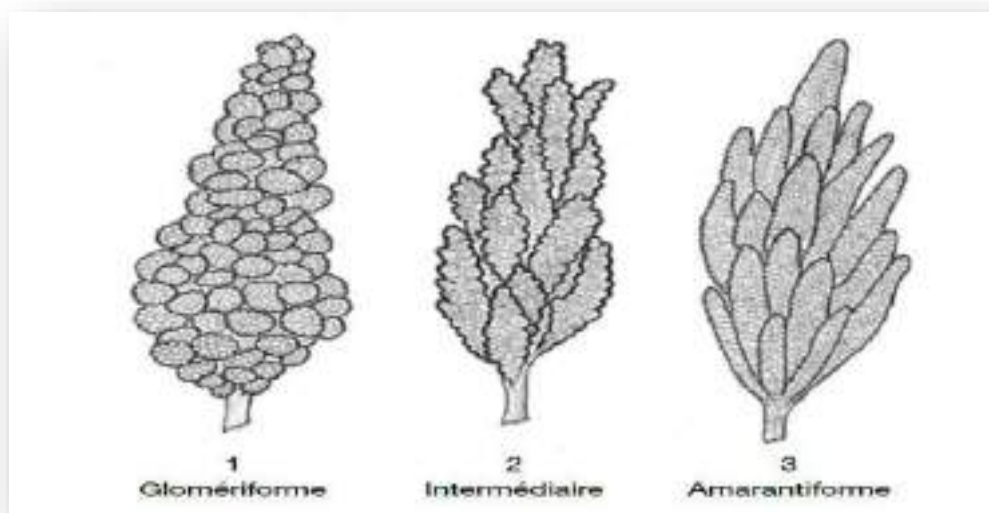


Figure 9 : Forme de la panicule(Bioversity International, 2013)

II.4.1.1.8. Porte de la plante

1. Simple
2. Ramification jusqu'au tiers inférieur.
3. Ramification jusqu'au deuxième tiers.
4. Ramification avec panicule principale non définie.

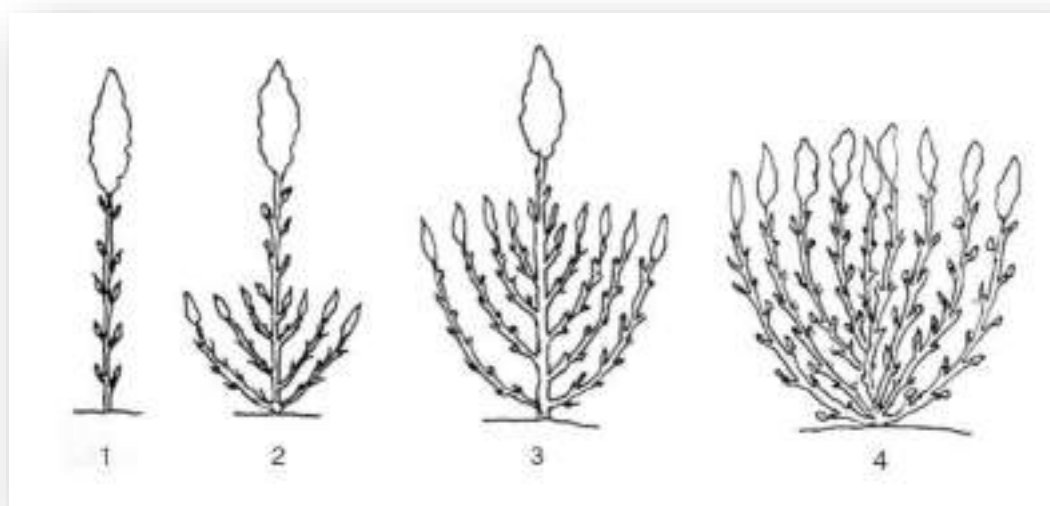


Figure 10 : Porte de plant (Bioversity International, 2013)

II.4.1.1.9. Couleur de panicule

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

II.4.1.2. Paramètres liés au rendement**II.4.1.2.1. Le poids de 1000 graines**

Après la récolte, pour chaque parcelle élémentaire on prend une quantité de graines, on compte 1000 graines et on les pèse pour chaque parcelle élémentaire (trois valeurs par variété et une pour chaque bloc).

II.4.1.2.2. Rendement machine

Le calcul du rendement a été réalisé, après avoir effectué un prélèvement d'un échantillon (toute la parcelle) par tous les traitements de chaque variété. Après battage manuel nous avons pesé chaque échantillon à part, nous avons déterminé leur moyenne ainsi nous avons déduit le rendement des variétés à l'hectare.

II.4.1.2.3. Biomasse totale (biomasse aérienne)

Quand les plants deviennent matures on observe le dessèchement et le jaunissement des feuilles, on fauche les plantes puis on passe aux opérations suivantes :

a. Séchage

Cette opération s'est déroulée entre 5-7 jours ; dans l'exploitation de l'université de Ouargla qui présente des conditions optimales (air sec et bien aéré, en évitant source d'humidité de l'eau).



Photo 9 : Opération de séchage des panicules (TOUATI,2018)

b. *Mesure de la biomasse*

A l'aide d'une balance on pèse les plants récoltés par parcelle après dessèchement, puis on transforme le résultat à l'hectare.

II.4.1.3. Paramètres de précocité

Il s'agit de repérer et de compter le nombre jours, après semis, correspondant à chaque stade de croissance des variétés. Pour notre cas deux périodes ont été retenus :

Durée du cycle de semis-floraison : C'est le nombre de jours allant de semis jusqu' à la floraison.

Duré de cycle semi-maturité : C'est le nombre de jours allant de semis jusqu'à la maturité des plants.

II.5. Les maladies et ravageurs

Durant le cycle de développement, on note tous les problèmes rencontrés sur la parcelle de l'essai qui peuvent expliquer les potentialités de rendement entre parcelle. On note les maladies et les espèces identifiées.

II.7. Méthodes de traitement des données (Analyse statistique)

Les résultats recueillis on subit une analyse de variance à l'aide du logiciel **XLSTAT**.

Partie III : Résultats et discussion

Le suivi de notre travail expérimental relatif au comportement de deux variétés et trois populations de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) sous les conditions édapho-climatiques de la région de Ouargla a donné lieu aux résultats suivants :

Analyse du sol

Pour caractériser le sol du site expérimental, nous avons effectué les analyses du sol au laboratoire de département des sciences agronomiques de l'université de Ouargla. La caractérisation physico-chimique de ce sol est présentée dans le tableau N°06.

Les résultats analytiques montrent que le sol est caractérisé par une texture sableuse, un pH basique, une salinité élevée et un faible taux de matière organique.

Tableau 11 : Caractérisation physico-chimique du sol de site expérimentale

<i>M.O</i> (%)	<i>pH</i>	<i>CE à 25°</i> (<i>dS m⁻¹</i>)	<i>H</i> (%)	<i>Ca. T</i> (%)	<i>Granulométrie</i>				
					<i>A</i> (%)	<i>L.F</i> (%)	<i>L.G</i> (%)	<i>S.F</i> (%)	<i>S.G</i> (%)
0.5	8,05	3.47	11.3	11,15	7	2,9	3,4	47,1	39 ,6

III.1. Paramètres liés à la croissance végétative

III.1.1. Nombre de plants levés par parcelle

a) Densité de peuplement par m²

La variation des résultats de taux de levée et ceux de test de germination en fonction des variétés étudiées sont mentionnés dans le tableau N°12. Ces résultats indiquent que malgré l'importance du taux de germination enregistré pour l'ensemble des variétés étudiées, un taux de levée moins important a été observé par m². Ceci peut s'expliquer par l'influence directe des conditions de milieu (facteurs biotiques et abiotiques) sur le taux de levée.

Partie III : Résultats et discussion

Tableau 11: Variation du taux de levée et le test de germination en fonction de la variété

Variétés	NGS/PI	NPL/PI	Test de germination(%)	Taux de levée (%)	Test germination-taux de levée (%)
<i>Q102</i>	40	34	95	85	10
<i>Q29</i>	40	30	100	75	25
<i>Q27</i>	40	31	100	77,5	22,5
<i>Q18</i>	40	29	100	72,5	27,5
<i>S.M</i>	40	25	95	62,5	32,5

NGS/PI : nombre des graines/parcelle ; NPL/PI : nombre de plant levées/parcelle.

b) Nombre de plants levés par parcelle élémentaire

Le comptage systématique des plants levés du quinoa a été effectué lorsqu'on a 50% des plants levés au niveau de chaque parcelle élémentaire. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau N°13, et la figure N°11 :

L'examen des résultats de l'analyse de la variance (Tableau N°13), montre une différence très hautement significative entre les cinq variétés pour le nombre de plants levée (NPL).

Tableau 12: Analyse de la variance pour le paramètre nombre de plants levés

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Signification
<i>Modèle</i>	4	76495,067	19123,767	71,216	< 0,0001	T.H.S

T.H.S : Très hautement significatif.

D'après la figure N°11, on remarque que la variété Q102 a enregistré le nombre le plus élevé des plants levés, soit (86,19 % / parcelle), alors que le nombre le plus bas a été enregistré par la variété Santa Maria, soit (29,42% /parcelle). Les autres variétés enregistrent des pourcentages intermédiaires soient 71,44% ;70,57% et 60,5% ; respectivement pour Q 27, Q1 8 et Q29.

Les différences entre les variétés pour le nombre de plants levé s'expliquent par :

- L'exposition des plantules de quinoa au début de leur cycle à des conditions climatiques très rudes.

Partie III : Résultats et discussion

- Le problème des ravageurs et des oiseaux.

D'une manière générale les variétés ont présentées un bon aspect végétatif mise à part la variété Santa Maria (V5).

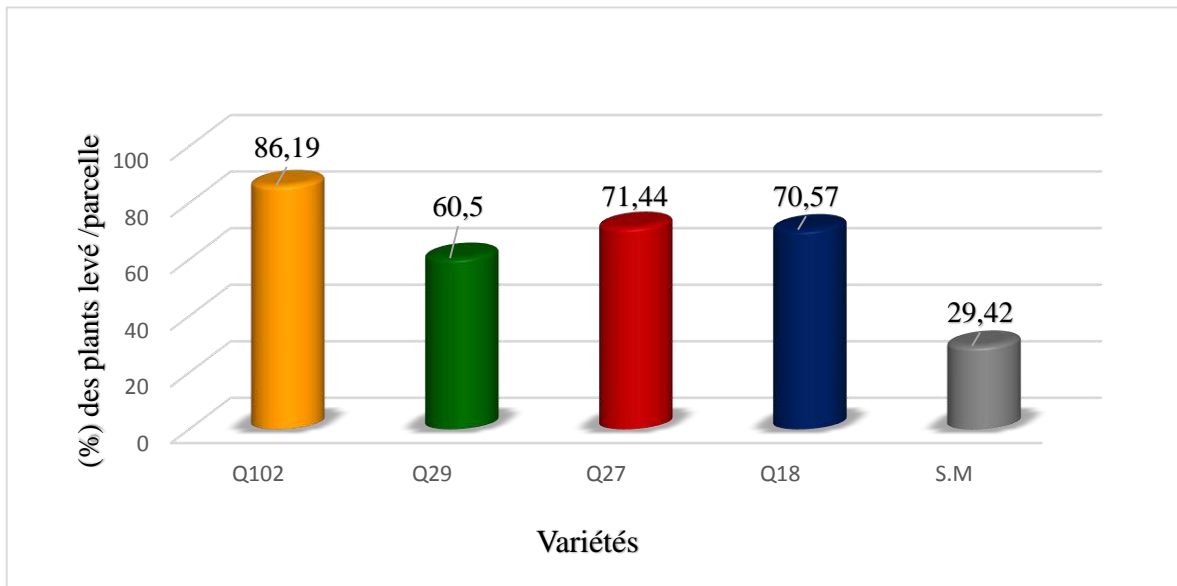


Figure 11 : Variation de pourcentages des plants levés en fonction des variétés

D'après **Prommark (2014)**, le taux de levée est une caractéristique variétale. Cet auteur a enregistré dans un travail précédent mené sur cinq variétés de quinoa, un maximum de taux de levée de 59,8% et un minimum de 3,5%.

Salem et Brahimi (2007), indiquent que la densité du peuplement chez l'orge est influencée par la dose de semis, le poids de mille graines, la qualité des semences, les caractéristiques du lit de semence et les conditions climatiques après le semis.

Selon (**Buckman, 1990**), la densité des plants levés est fonction du nombre de grains et de la survie des plantes.

III.1.2. Hauteur des plants au stade panicule

Les mesures de la hauteur des tiges sont nécessaires pour connaître son effet sur la formation des panicules et sur la verse mécanique.

L'analyse de la variance relative à la hauteur des plants au stade panicule, montre des différences significatives entre les variétés étudiées (Tableau N°14). Les hauteurs enregistrées

Partie III : Résultats et discussion

sont de 119,16 cm ; 111,73 cm ; 100,87 cm ; 96,167cm et 76.30 cm respectivement pour les variétés Q102, Q29, Q18, Q27 et Santa maria (Figure N°12).

Le test de classement des moyennes (Fisher) a mis en évidence trois groupes homogènes (Tableau N°15) :

- Groupe (**A**) regroupe les deux variétés Q102 et Q29 ;
- Groupe (**AB**) regroupe les deux variétés Q27 et Q18 ;
- Groupe (**B**) représente la variété Santa Maria.

Tableau 13: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre hauteur /plant (cm) au stade panicule

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Signification
Modèle	4	3235,752	808,938	4,247	0,029	S

S : significatif

Tableau 14: Groupes homogènes pour le paramètre hauteur des plants

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Q102	119,167	A
Q29	111,733	A
Q18	100,877	A B
Q27	96,167	A B
S, M	76,300	B

La hauteur de la tige est une composante de rendement. **Spehar et Santos (2005)** ont signalé une corrélation positive entre la hauteur des plants et le rendement en graines.

Nos résultats sont en concordance avec ceux de l'ITDAS de Hassi ben Abdellah (2015) où la variété Q102 a enregistré la plus grande hauteur au stade panicule.

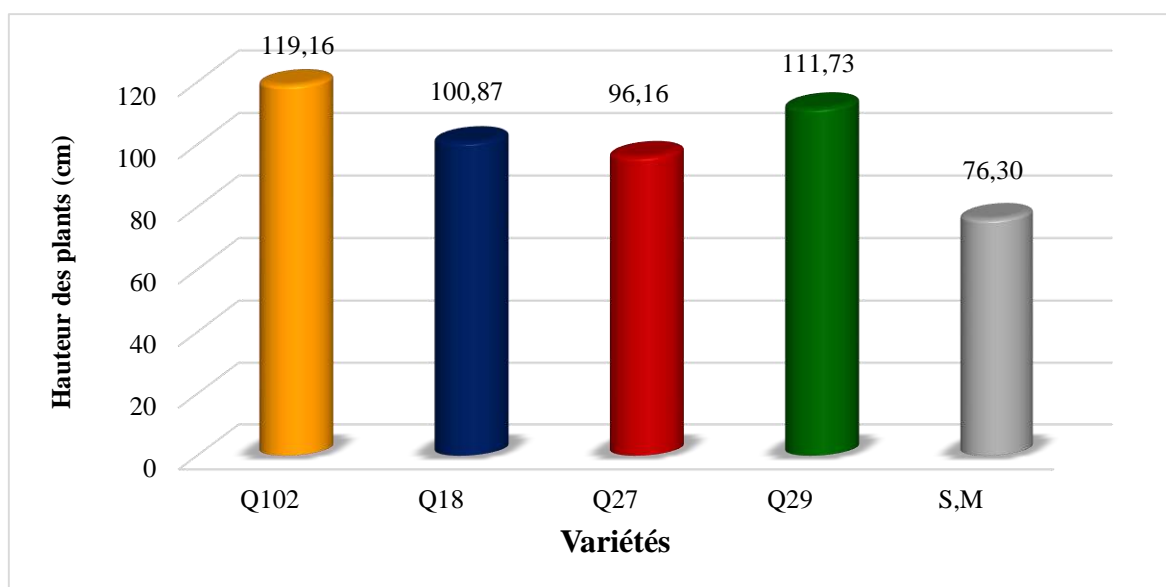


Figure 12: Variation de la hauteur des plants au stade panicule (cm) en fonction des variétés

III.1.3. Nombre de ramifications herbacées par plant

L'analyse de la variance révèle des différences hautement significatives pour le paramètre ramification par plant. Ce paramètre passe de 25,33 ramification /plant obtenue par la variété Q102 et 17 ramification/plant obtenue par la variété Santa Maria. Les autres variétés enregistrent des nombres de ramifications/plant intermédiaires : Q27 (21,63 ramification /plant) ; Q18 (21,33 ramification/plant) et Q29 (21 ramification /plant) (Figure N°13)

Le test de Fisher relatif à l'effet de ramification herbacées /plant a révélé trois groupes homogènes (tableau N°17) présentés par les différentes variétés à savoir :

- Groupe (A) présenté par la variété Q102 ;
- Groupe (AB) regroupe les trois variétés Q27 ; Q29 et Q18
- Groupe (A) présenté par la variété santa maria.

La variété Q102 a marqué un nombre de ramification herbacée par plant supérieure à la moyenne générale.

Selon Herne *et al.* (1989), l'importance de nombre de ramification par plant est en fonction de la variété, de la fertilité du sol, de la densité et de la profondeur de semis.

Partie III : Résultats et discussion

Tableau 15: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre ramification herbacée/plant.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Signification
Modèle	4	104,856	26,214	9,409	0,002	H.S

S : significatif

Tableau 16: Groupes homogènes pour le paramètre ramification herbacée/plant

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
Q102	25,333	A
Q27	21,633	B
Q18	21,333	B
Q29	21,000	B
S.M	17,000	C

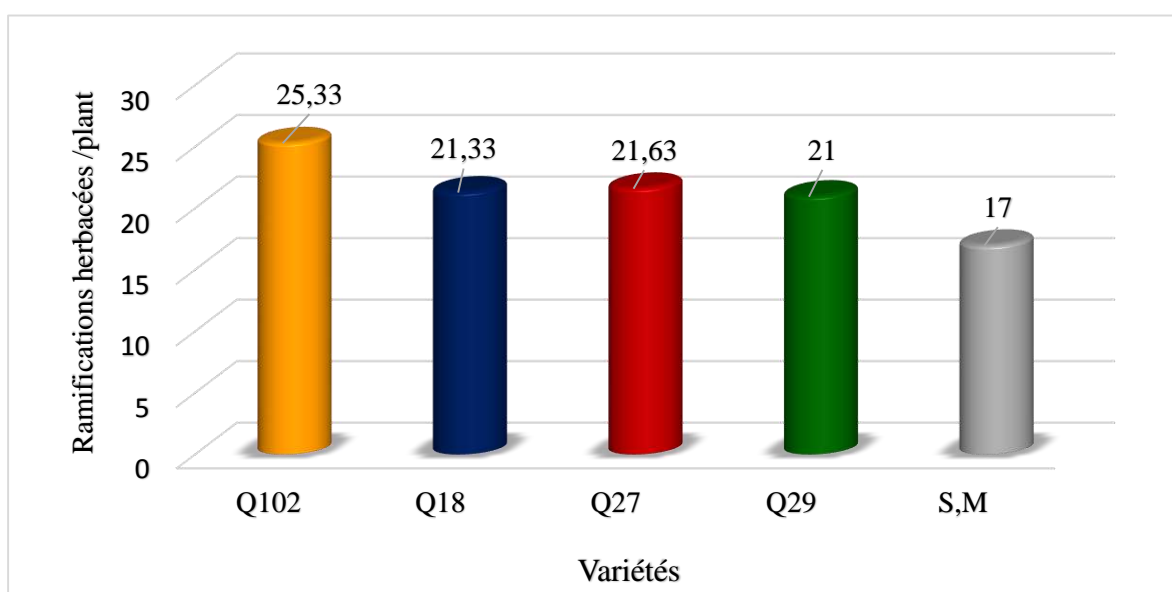


Figure 13 : Variation de nombre ramification herbacée / plant en fonction des variétés

III.1.4. Nombre des ramifications panicule/ plant

Partie III : Résultats et discussion

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif pour le paramètre nombre de ramification par plant (Tableau N°18). Les nombres de ramification enregistrés sont de 12,66 ; 10 ; 10 ; 9,33 et 6,33 respectivement pour la variété Q102, Q18, Q27, Q29 et Santa Maria.

Le test de classement des moyennes a révélé trois groupes homogènes bien distincts :

- Groupe (A) représenté par la variété Q102 avec une moyenne de 12.66 ;
- Groupe (B) regroupe les trois variétés : Q18, Q27 et Q29 avec une moyenne de 10,10 et 9,33 respectivement ;
- Groupe (C) représenté par la variété Santa Maria avec une moyenne de 6,33 (Figure N°14).

Tableau 17 : Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre ramification panicule/plan.

<i>Source</i>	<i>DDL</i>	<i>Somme Des Carres</i>	<i>Moyenne Des Carres</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>Signification</i>
<i>Modèle</i>	4	61,333	15,333	10,952	0,001	H.S

H.S : hautement significatif

Tableau 18: Groupes homogènes pour le paramètre la ramification/ panicule

<i>MODALITE</i>	<i>MOYENNE ESTIMEE</i>	<i>GROUPE</i>
<i>Q102</i>	<i>12,66</i>	<i>A</i>
<i>Q18</i>	<i>10,00</i>	<i>B</i>
<i>Q27</i>	<i>10,00</i>	<i>B</i>
<i>Q29</i>	<i>9,33</i>	<i>B</i>
<i>S, M</i>	<i>6,33</i>	<i>C</i>

Selon Basra *et al.* (2014), le nombre de panicule par plant est influencé par la variété et la fertilisation azotée. D'après cet auteur, ce paramètre augmente proportionnellement à l'augmentation de fertilisation azotée. Toutefois à forte dose azotée l'effet devient négatif.

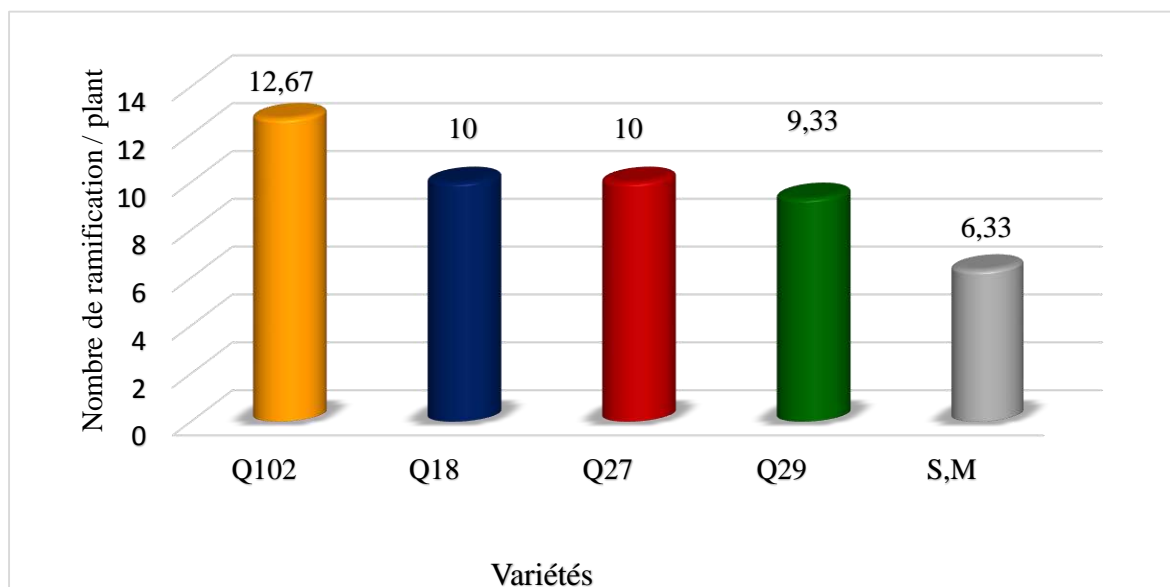


Figure 14: Variation de la ramification par plant en fonction des variétés.

Ratio ramification panicule/ramification herbacée

Le ratio ramification panicule/ramification herbacée, exprime la capacité des plants à produire des panicules. Les résultats obtenus montrent que la variété Q102 représente la plus forte capacité de ramification/panicule, soit un ratio de 49,98 %, alors que la variété Santa Maria enregistre le plus faible ratio (37,24 %) (Tableau N°20). Les autres variétés occupent des positions intermédiaires pour le paramètre ratio ramification panicule/ramification herbacée.

Tableau 19: Ratio ramification panicule/ramification herbacée

Variétés	RP	RH	RP/RH(%)
Q102	12,66	25,33	49,98
Q29	9,33	21,00	44,43
Q27	10	21,63	46,23
Q18	10	21,33	46,88
Santa Maria	6,33	17,00	37,24

RP : Ramification panicule ; **RH :** Ramification herbacée.

Partie III : Résultats et discussion

Du point de vue commercial, La ramification des plants est indésirable pour la production des graines de quinoa ;c'est pourquoi dans le cadre d'une culture à grande échelle, l'ensemencement est effectué avec une densité ne laissant aucune opportunité aux plants de se ramifier(Jacobsen et Stolen,1993).

III.1.5 Poids de la panicule principale

L'analyse de la variance relative au poids de la panicule principale/plant (Tableau 21) montre des différences hautement significatives entre variétés. Les poids enregistrés sont de 41,06 ; 40,13 ; 31,92 ; 29,16 et 19,54 g/plant respectivement pour la variété Q29, Q102, Q27, Q18 et la variété Santa Maria.

Ce classement a été confirmé par le test de classement des moyennes qui a décelé à son tour quatre groupes homogènes bien distincts :

- **Groupe (A)** : regroupe les variétés Q29 et Q102 avec une moyenne de poids de la panicule principale de **41,06** et **40,13** g/plant.
- **Groupe (AB)** : représenté par la variété Q27 avec une moyenne de poids de la panicule de **31,92** g/plant ;
- **Groupe (BC)** : représenté par la variété Q18 avec une moyenne de poids de la panicule **29,16** g/plant ;
- **Groupe (C)** : représenté par la variété Santa Maria avec une moyenne de **19,54** g/plant (Figure N°15 et tableau N°22).

Tableau 20:Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre poids de la panicule principale/plant

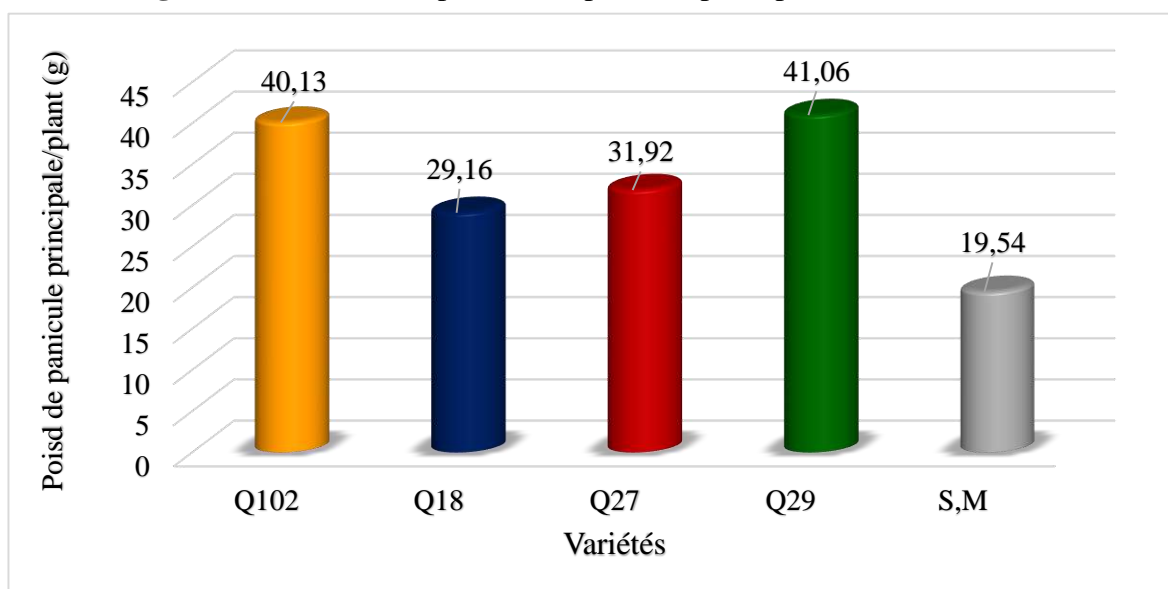
<i>Source</i>	<i>DDL</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>Signification</i>
<i>Modèle</i>	4	932,550	233,138	6,719	0,007	H.S

H.S : hautement significatif.

Tableau 21: Groupes homogènes pour le paramètre poids de la panicule principale/plant

<i>MODALITE</i>	<i>MOYENNE</i>	<i>GROUPES</i>		
<i>Q29</i>	<i>41,061</i>	A		
<i>Q102</i>	<i>40,137</i>			
<i>Q27</i>	<i>31,923</i>		B	
<i>Q18</i>	<i>29,160</i>		B	C
<i>S. M</i>	<i>19,544</i>			C

Figure 15: Variation du poids de la panicule principale en fonction des variétés



III.1.6. Surface foliaire

Quant aux résultats relatifs à la surface foliaire au stade panicule, l'analyse de la variance montre des différences significatives entre variétés. Nous remarquons que les variétés ayant fait l'objet de notre expérimentation, présentent des surfaces foliaires plus ou moins importantes. L'intervalle entre les variétés atteint 8.50 cm² (Tableau N°23).

Tableau 22: Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre surface foliaire

<i>Source</i>	<i>DDL</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>Signification</i>
<i>Modèle</i>	4	119,795	29,949	3,816	0,039	S

S : significatif.

Partie III : Résultats et discussion

D'après la figure N°16, on remarque que la surface foliaire la plus élevée a été enregistrée par la variété Q102 avec (28,67cm²/plant) suivie par les variétés : Q18 (25,08 cm²/plant), Q27 (23,59 cm²/plant) et Q29 (22,55cm² /plant) et enfin la variété Santa Maria qui s'est classée en dernière position avec une surface foliaire de (20,16 cm²/plant).

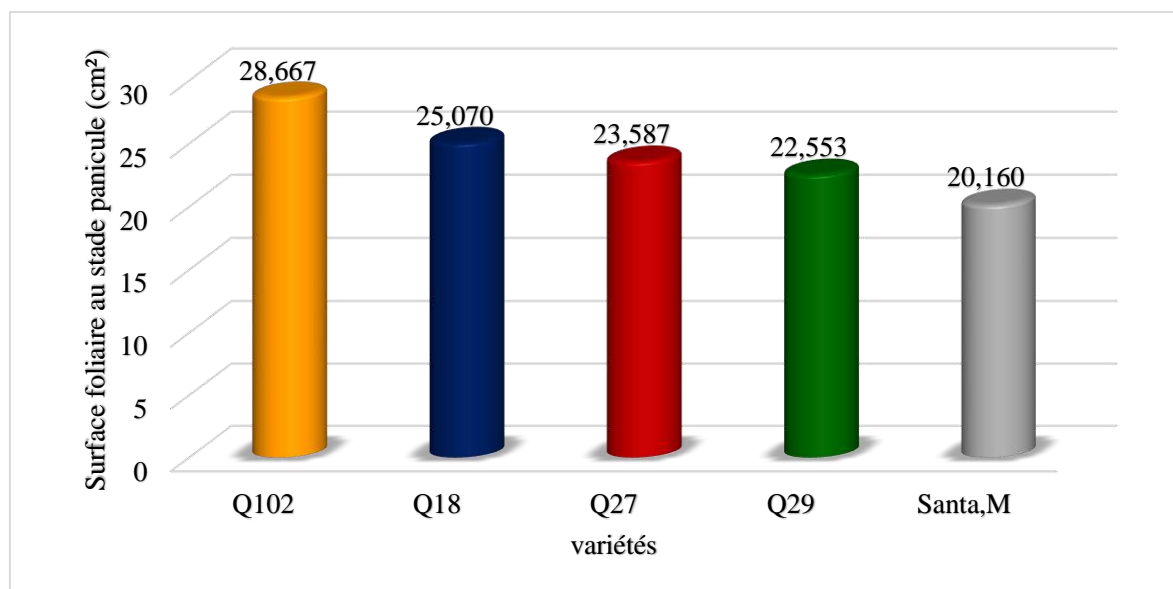


Figure 16: Variation de la surface foliaire au stade panicule (cm²) en fonction des variétés

Les résultats enregistrés sont proches de ceux obtenus par **Bhargava et Srivastava(2013)**, qui ont travaillé sur 27 variétés de quinoa, ont trouvé une surface foliaire maximale de 30.91 cm² enregistré par la variété Q102. Alors que, dans notre cas la surface foliaire maximale a été enregistrée par la même variété, mais avec une surface foliaire de 28.66 cm².

Bhargava et Srivastava (1998), ont mis en évidence également une relation proportionnelle entre le rendement et la plus élevée (0, 67 t/ha) a été enregistré par la variété qui a montré la surface foliaire la plus élevée (30,91 cm²). En revanche, le plus faible rendement (3,17 t/ha) a été enregistré par la variété enregistrant la surface foliaire la plus faible (4,42 cm²).

III.1.7. Forme de la panicule

Les variétés Q102 et Q29 présentent une forme de panicule amarantiforme (glomérules directement dans l'axe secondaire de forme allongée), alors que les variétés Q27 et Q18 présentent une forme de panicule glomériforme (glomérules dans les axes glomérulaires de

Partie III : Résultats et discussion

forme globuleuse). Quant à la variété Santa Maria, elle a présenté une forme de panicule intermédiaire (présence des deux formes) (Figure N°17).

III.1.8. Port de plants

La variété Q102 et Q27 présentent un port de ramification jusqu'au deuxième tiers, alors que les variétés Q29, Q18 et Santa Maria présentent un port de ramification jusqu'au tiers inférieur.

III.1.9. Couleurs des panicules

La couleur des panicules à maturité physiologique chez la variété Q102 est mauve foncée. Quant aux variétés Q27 et Q18 possèdent une couleur vio-rose. La Q29 présente une couleur jaune, alors que la variété Santa Maria présente une couleur de panicule verte. Il est à noter que des couleurs similaires ont été observées pour les deux dernières variétés (Q102 et Santa Maria) par l'ITDAS de Ouargla (2015) (Figure N°17).

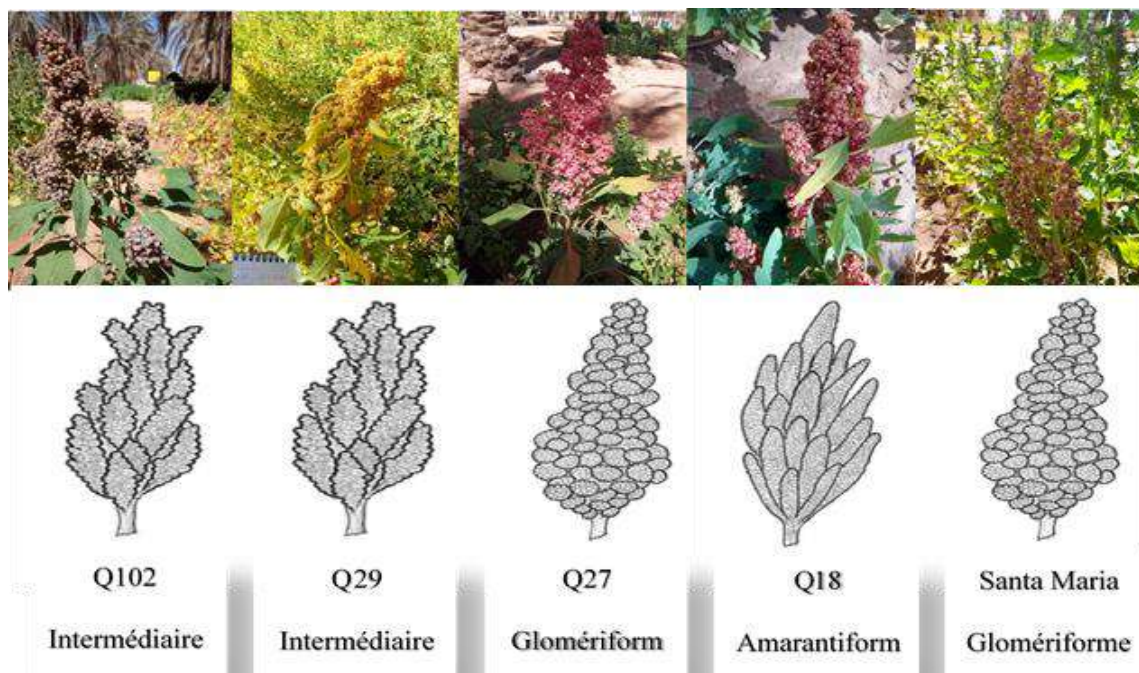


Figure 17 : Formes et couleurs de panicule chez les variétés de quinoa étudiées (TOUATI,2018)

III.2. Paramètres liés au rendement

III.2.1. Le poids de 1000 graines

Le poids de 1000 graines est une composante essentielle du rendement. C'est une caractéristique variétale.

L'examen des résultats de l'analyse de la variance relatif au poids de 1000 graines (Tableau 24) n'a décelé aucune différence significative entre les cinq variétés. Toutefois, il est clair d'après les résultats obtenus, et paradoxalement aux paramètres de la croissance végétative que le meilleur poids de 1000 graines a été enregistré par la variété Santa Maria avec un poids de 2.32 g, cependant le plus faible poids a été enregistré par la variété Q102 avec 1.86 g (Figure N°18).

D'après **Grignac (1981)** ; **Meynard (1987)** et **Gate, (1996)**, le poids de 1000 graines est lié à l'eau absorbé pendant la phase floraison-maturité et aux conditions climatiques. Il est aussi en fonction des conditions de la nutrition minérale de la plante (**Loue, 1982**).

Tableau 23:Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre poids de 1000 graines

<i>Source</i>	<i>DDL</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>Signification</i>
<i>Modèle</i>	4	0,346	0,086	0,774	0,567	N.S

N.S : non significatif.

Ces résultats rejoignent ceux des essais réalisés en 2015 par l'ITDAS de la station de Hassi Ben Abdellah (Ouargla) (Travaux réalisés dans le cadre de l'identification des variétés et des populations de quinoa les plus adaptées aux conditions de la région) par le biais du quels, ils ont obtenu un meilleur poids de 1000 graines de l'ordre de 6, 22 g enregistré par la même variété c.-à-d. la variété Santa Maria.

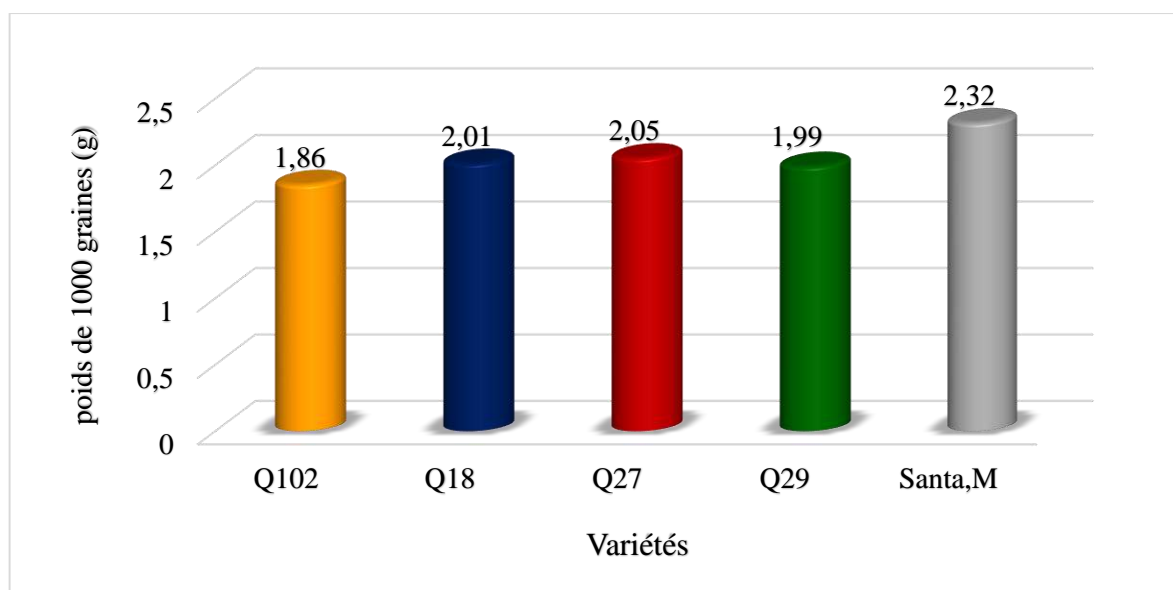


Figure 18 : Variation de poids de 1000 graines en fonction des variétés

III.2.2. Rendement machine

Le rendement est le résultat des phases successives de croissances et de développement, comprenant la mise en place d'organes et le processus de leur accroissement en taille directement liée à l'énergie interceptée et à la disponibilité en eau et des éléments minéraux absorbés par le système racinaire.

L'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif de la variété sur le rendement machine. Ainsi, les rendements obtenus sont classés suivant l'ordre décroissant suivant : Q102 (26,22 qx/ha) > Q27 (21,840) > Q29 (21,194) > Q18 19,281 > Santa Maria (9,31qx/ha) (Figure 19).

Le test Fisher relatif à l'effet de la variété sur le rendement machine a fait ressortir deux groupes homogènes :

- Groupe (**A**) regroupe les quatre variétés Q102, Q27, Q29 et Q18 avec des moyennes de 26,21 ; 21, 84 ; et 21,19 et 19,28 qx/ha, respectivement ;
- Groupe (**B**) représente la variété Santa Maria avec une moyenne de rendement 9,31qt/ha.

Tableau 24:Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre rendement machine

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Signification
Modèle	4	471,330	117,832	7,015	0,006	H.S

Partie III : Résultats et discussion

H.S : hautement significatif.

Tableau 25: Groupes homogènes pour le paramètre rendement machine

<i>Modalité</i>	<i>Moyenne estimée</i>	<i>Groupes</i>
<i>Q102</i>	26,215	A
<i>Q27</i>	21,840	A
<i>Q29</i>	21,194	A
<i>Q18</i>	19,281	A
<i>Santa Maria</i>	9,319	B

Nos résultats rejoignent les résultats des travaux de L'ITDAS de Hassi Ben Abdellah obtenus en 2015, qui ont à leur tour indiqué que la variété Q102 a été classée en tête en enregistrant un rendement maximal de 32 qx/ha par rapport aux dix autres variétés testées.

La différence de rendement entre les deux essais notamment pour la variété Q102 peut être due à la date de semis et/ou aux conditions climatiques moins agressives qui ont régné au cours de l'année 2015.

Par ailleurs, la différence variétale de point de vue rendement est due aux différences au niveau de l'acquisition et l'assimilation nutritive. De telles différences résultent des différences dans la morphologie de la racine, la translocation nutritive, et l'efficacité des réactions métaboliques (Trehan *et al.*, 2005).

Les rendements obtenus à l'issue de notre travail, nous permettent de conclure que les quatre variétés de quinoa cultivées sous palmier ont répondu bien aux conditions édapho-climatiques de la région d'étude, mise part la variété Santa Maria.

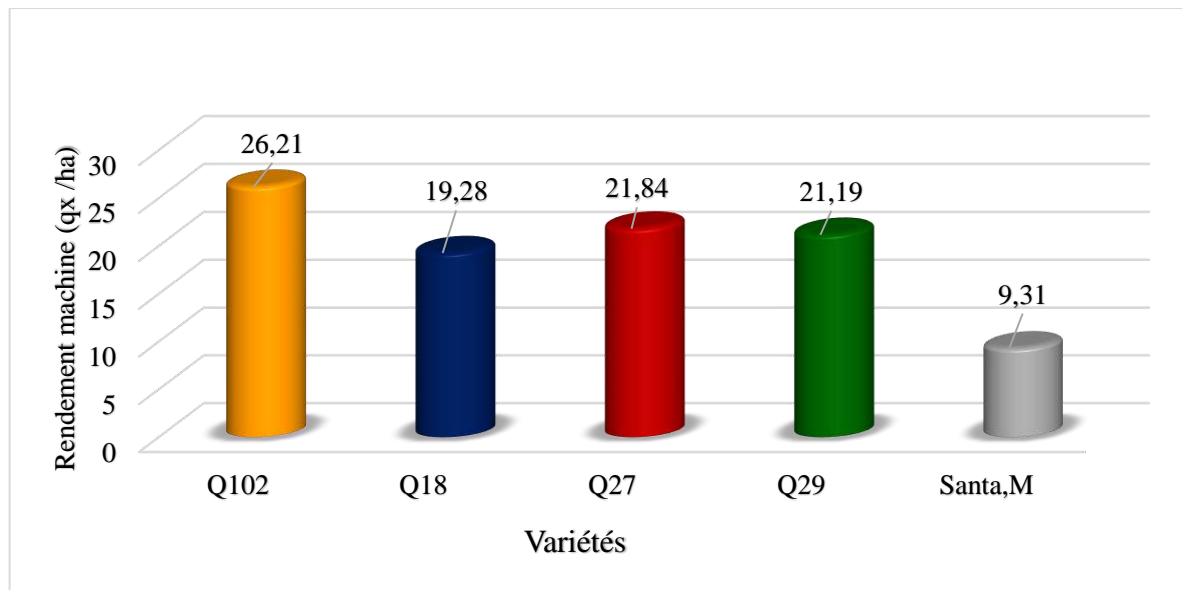


Figure 19: Variation de rendement machine en fonction de variétés

III.2.3. Biomasse aérienne sèche

À travers nos résultats indiqués dans le tableau N°27, une variation non significative a été enregistrée entre les différentes variétés pour la biomasse aérienne sèche. Les moyennes enregistrées oscillent entre une biomasse maximale de 30,55 g/m² enregistrée par la variété Q102 et une biomasse minimale de 16,18 g/m² enregistrée par la variété Santa Maria (Figure 20).

Tableau 26 : Résultats de l'analyse de la variance pour le paramètre Biomasse aérienne sèche

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F	Signification
Modèle	4	385,212	96,303	0,620	0,658	N.S

NS : non significative

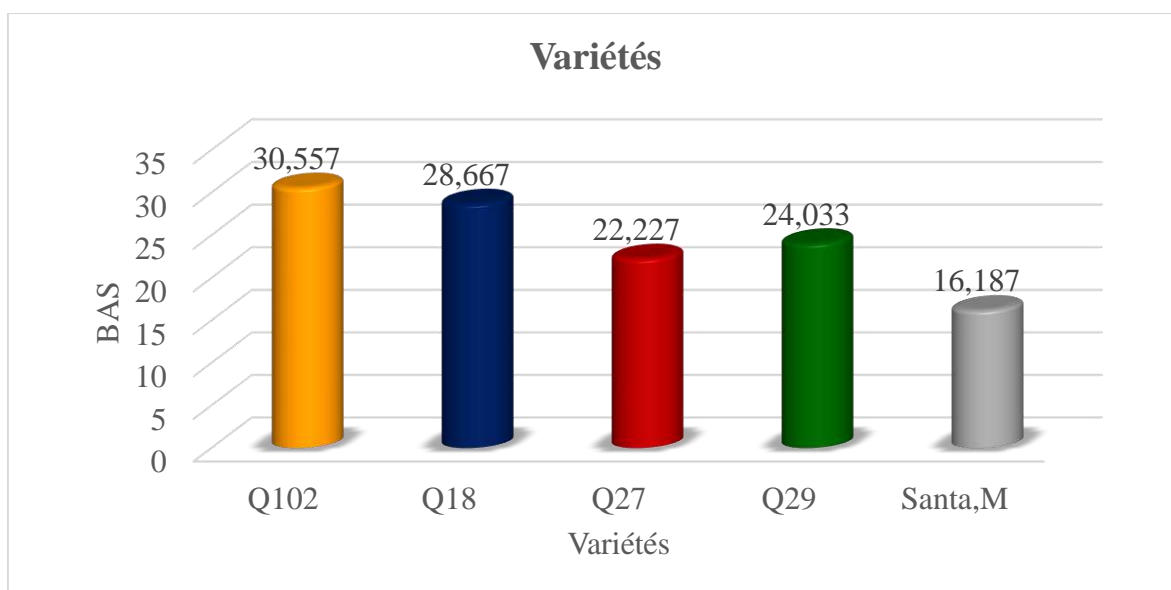


Figure 20 : Variation de Biomasse aérienne (g/m²) en fonction des variétés

III.3. Paramètres de précocité

La précocité est le premier facteur à prendre en compte pour le choix des variétés. Elle correspond à la durée de végétation nécessaire pour atteindre la maturité de récolte.

La durée du cycle végétatif de quinoa dépend de l'état physiologique des semences plantées, de l'ensemble des facteurs agro-climatiques et des variétés utilisées.

Pour notre cas deux périodes sont considérées, la période semi-floraison et la période semi-maturité pour estimer la précocité des variétés de quinoa testées.

Tableau 27 : Variation des paramètres de précocité en fonction de variétés

<i>Variétés</i>	<i>V1</i>	<i>V2</i>	<i>V3</i>	<i>V4</i>	<i>V5</i>	<i>Signification</i>
<i>Durée du cycle</i>						
<i>Semis-floraison</i>	90,33	74.67	75.33	81.66	74	S
<i>Semis-maturité</i> <i>(Cycle végétatif)</i>	170	162	158	165.33	149	N.S

S : significatif ; **N.S :** non significatif.

L'analyse de la variance révèle une différence significative pour le paramètre durée semis-floraison, cependant aucune différence significative n'a été mis en évidence pour la durée de cycle totale de développement des différentes variétés de quinoa (Tableau N°29).

Partie III : Résultats et discussion

Concernant, la durée du cycle semi-floraison des variétés testées, il varie entre 74 jours pour la variété Santa Maria (V5) qui présente la durée la plus courte et 90,33 jours pour la variété Q102 (V1) qui présente la durée la plus longue. Les autres durées enregistrées sont de 74,67 ; 75,33 ; 81,67 jours respectivement pour les variétés Q29, Q27, Q18 (Figure N°21).

Alors que, la durée de cycle végétatif pour les variétés étudiées variée entre 149 jours pour la variété Santa Maria (V5) et 170 jours pour la variété Q102 (V1) pour une de semis tardive (22/11/2017), cependant des durées de cycle végétatif de 162 ;158 ;165,33 jours ont été enregistrées respectivement pour les variétés Q29, Q27 et Q18 (Figure N° 21).

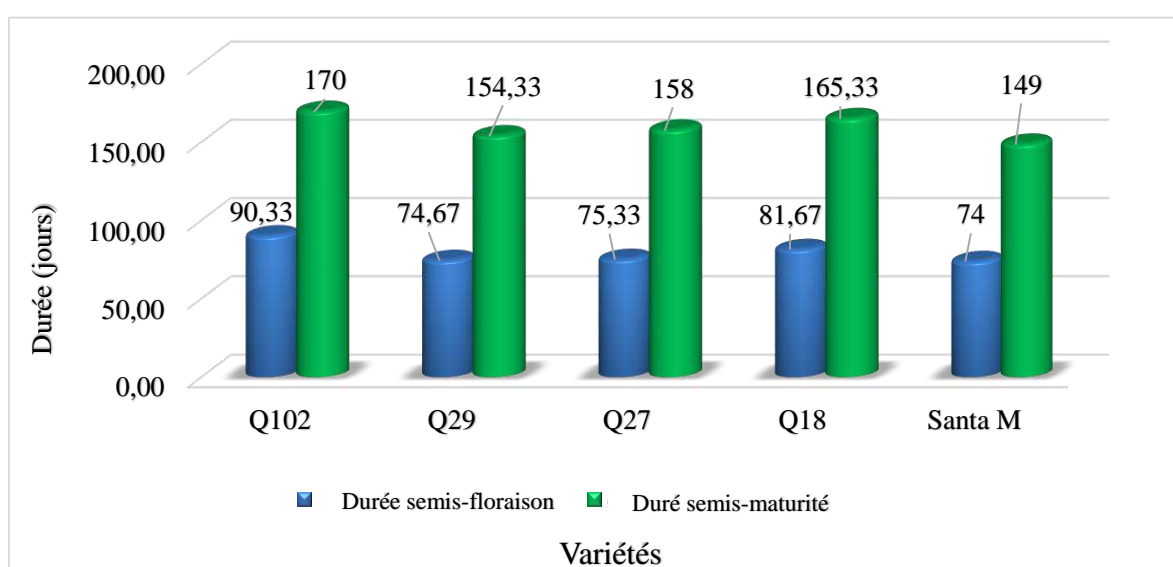


Figure 21 : Variation de paramètres de précocité entre variétés testées

D'après l'ITDAS (2015), la durée de cycle végétatif dépend de la date de semis et de la somme de température. Pour l'année 2015, le cycle végétatif a oscillé entre 80 à 95 jours pour les variétés précoces et de 120 à 130 jours pour les variétés tardives pour un semis réalisé le 16/09/2015. Alors que pour l'année 2014 qui était plus chaude, la durée du cycle était de 119 jours avec un semis réalisé le 22/09/2014.

Selon les essais réalisés au niveau de « F.D.P.S » l'ITDAS au cours de la campagne 2014/2015 et 2015/2016, le cycle végétatif oscille entre 92 et 103 jours pour la première date de semis (septembre), et de 172 jours pour la deuxième date de semis (janvier). Cette durée semble avoir une influence sur le poids de 1000 graines et le rendement en grains (machine).

L'intervalle de jours de précocité entre notre essai et ceux de l'ITDAS peut être expliqué par le semis tardive (22/11/2017) dans notre cas, ainsi que par les conditions de conduite de l'essai qui n'ont été pas les mêmes (mode d'irrigation, fertilisation, produits phytosanitaires...)

III.4. Facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental

Plusieurs facteurs abiotiques et abiotiques affectent la culture de quinoa du stade germination jusqu'à la récolte :

III.4.1. Ravageurs

a) Observation des principales espèces des pucerons recensés



Rhopalosiphum padi
(Linnaeus, 1758)



Aphis gossypii Glover (1877,
INRA)



***Myzus persicae* (Puceron vert**
du pécher)

Photo 10 : Principales espèces de pucerons recensés

b) Observation des certain espèces prédatrice recensées



Photo 11 : *Chrysoperla carnea*
(Stephens , 1836)



Photo 12 : *Coccinella septempunctata*
(Linné, 1758)

Les ordres des homoptères et diptères sont les plus très abondants observés au mois de Novembre et Décembre puisque c'est un milieu ouverte surtout les espèces de l'ordre des diptères et hyménoptères, on observe un nombre important des espèces de l'ordre des hyménoptères.

La majorité des espèces de cet ordre sont pollinisatrices, leur abondance à cette période peut s'expliquer par la diversité floristique des cultures (maraichage, plasticulture et fourrage) à côté de la culture de quinoa.

Les espèces appartenant à l'ordre des lépidoptères sont observées beaucoup plus au mois de Décembre puisque se retrouve sur des mauvaises-herbes appartenant à la famille du quinoa (famille chénopodiacée les épinards).

Les dégâts causés par les oiseaux sont aussi à craindre, toutefois, il est à signaler que les variétés riches en saponine sont moins exposées. En fait, la variété Santa Maria c'est montrée la plus sensible par rapport aux autres variétés à cause de sa faible teneur en saponine par rapport aux autres variétés testées.

III.4.2. Mauvaises herbes

Le contrôle de 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 espèce puisque la culture de quinoa est déjà bien établie par rapport à l'émergence des plants adventices. Dans notre cas plusieurs mauvaises herbes ont été observés sur le site expérimental de notre culture (du stade germination jusqu'à la récolte), parmi ces espèces on cite : Melilotus sp ; Oropetium africanum ; Chenopodium mural ; Cynodon dactylon et Phragmites communis.



Photo 13 : Certaines espèces observées dans le site expérimentale

III.4.3. Aléats climatiques

Parmi les accidents climatiques que nous avons observé dans notre site expérimental (Photo N° 14) :

1-2 : chute et jaunissement des jeunes feuilles des certaines plantes de toutes les variétés au stade ramification (observées au mois de Janvier).

3-4 : Dessèchement total des certains plants de haut en bas (suppose causé par le froid de l'intense).

5-6 : Flétrissement causé par la cassure des plants par le vent (particulièrement les tige hautes).

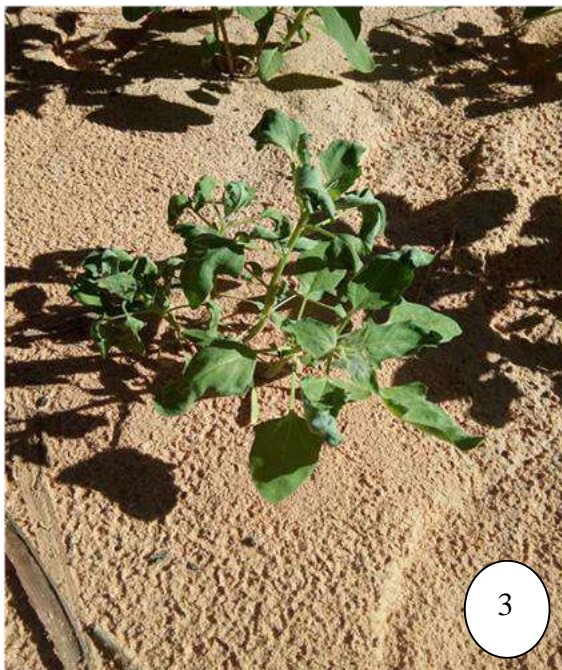
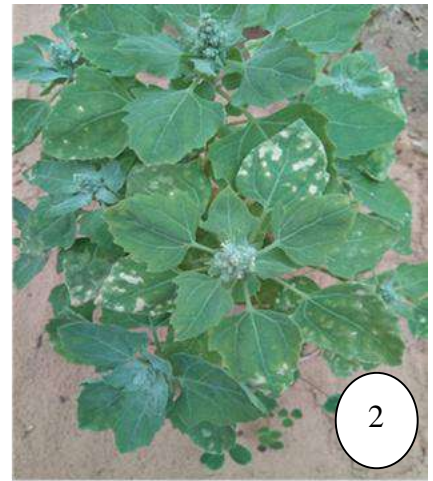


Photo 14 : Quelques facteurs abiotiques et biotiques affectant la culture de quinoa dans notre site expérimental

Conclusion

Au terme de notre étude nous jugeons utile de rappeler l'objectif scientifique essentiel de ce travail qui consiste à étudier le comportement et le potentiel de croissance et de production de deux variétés Amarilla Sacaca (Q102) et Santa Maria et trois populations de quinoa (Q29, Q27 et Q18) (*Chenopodium quinoa Willd*) sous les conditions édapho-climatiques de la région de Ouargla.

Notre travail s'est ainsi basé sur une étude comparative de paramètres de croissance, de rendement et de précocité de cinq variétés de quinoa cités ci-dessus.

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

Concernant la variation de la hauteur des plantes au stade panicule entre les cinq variétés, les résultats obtenus montrent que la variété Q102 est la plus haute (119,167cm), tandis que la variété Santa Maria est la plus basse avec une hauteur de (76,300 cm).

Pour la ramification panicule et ramification herbacée, la variété Q102 présente les valeurs les plus élevées (12,66 RP et 25.23 RH) respectivement pour les deux paramètres, alors que la variété Santa maria présente les valeurs les plus faibles (6,33 RP et 17 RH),

La variété Q102 a fourni le ratio panicule /ramification herbacée le plus important (49,98 %), par contre Santa Maria a donné le ratio le plus faible (49,48%).

Quant à la surface foliaire, la grande surface a été enregistrée par la variété Q102 (28,66 cm²), alors que et la plus faible surface a été enregistrée chez la variété Santa Maria (20,16 cm²).

De point de vue morphologie de la panicule, la variété Q18 présente une panicule Amarantiforme. Les deux variétés Q27 et Santa Maria présentent une panicule glomériforme, et les variétés restantes (Q102 et Q29) présentent une forme de panicule intermédiaire.

Concernant les paramètres de rendement machine, les résultats obtenus montrent que la variété Q102 est la plus élevé (26,215 qx/ha), tandis que la variété Santa Maria est la plus basse avec un rendement de (9,31 qx/ha).

La biomasse aérienne varie entre une biomasse maximale de 94,89 qx/ha obtenue par la variété Q102 et une biomasse minimale de 47,27 obtenue par la variété Santa Maria.

Conclusion

Concernant les paramètres de précocité, la variété Santa Maria a enregistré la durée la plus courte avec 74 jours pour la durée du cycle de Semis-floraison et 149 jours pour la durée du cycle de développement (semis-maturité), par contre la variété Q102 a enregistré la durée la plus longue avec 90,33 jours pour la durée du cycle de semis-floraison, et 170 jours pour la durée du cycle de développement (semis-maturation).

Pour le choix de la variété à cultiver sous nos conditions edapho-climatiques, nous proposons la variété Amarilla Sacaca (Q102) qui a enregistré le rendement le plus élevé (26,215 qx/ha), toutefois, il est à signaler qu'il s'agit d'une variété relativement tardive par rapport aux autres variétés testées, en particulier par rapport à la variété Santa maria qui a donné, le poids de 1000 graines le plus élevé.

En fait, les conditions de l'essai ont permis à chaque variété d'exprimer ses potentialités. D'après les résultats obtenus on peut conclure que techniquement la variété Q102 se comporte mieux que les autres variétés de point de vu production, mais le choix de celle-ci reste limiter par son cycle de vie relativement long.

Enfin, le suivi de ces résultats par d'autres essais, surtout par l'étude de l'influence d'autres pratiques culturales sur le comportement variétal tel que : date de semis, densité de semis, fertilisation organique et minérale, influence de la salinité (sol et eau), et même par l'étude de comportement d'autres variétés de quinoa (Giza, Sajama...etc.), s'avère nécessaire afin déterminer les variétés les plus adaptées aux conditions écologiques du milieu aride.

Par ailleurs, il est intéressant d'entamer dans les prochains travaux une étude économique détaillée pour rentabiliser l'intégration de cette nouvelle culture à l'agriculture saharienne.

Référence bibliographiques

Adjal Y., 2006. Réponse à la luzerne (*Medicago sativa L*) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Thèse de mag. En Agrotechni. Univ. De Batna .73p.

A. Hirich¹, R., Choukr-Allah¹, S.-E. Jacobsen², 2014. Quinoa in Morocco – Effect of Sowing Dates on Development and Yield.

Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) to temperature : effects on germination, phenology, growth and freezing. european journal of agronomy,29 :299-308.

Basra,S.M.A., Iqbal and I. Afzal, 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. int. J. Agric. Biol.,16 :886-892.

Bazile D, Pulvento C, Verniau A, Al-Nusairi MS, Ba D, Breidy J, Hassan L, Mohammed MI, Mambetov O, Otambekova M, Sepahvand NA, Shams A, Souici D, Miri K, Padulosi S. 2016. Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in Plant Science* 7: Article 850 DOI 10.3389/fpls.2016.00850

Bebba, S, 2011. Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum L. var. Carioca et Vitron*) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Thèse de Ing. En Agronomie saharienne. Univ. De Ouargla. 46p.

Boubaiche, Y., 2016. Essai de comportement de trois variétés de quinoa. Thèse de mas. En production et amélioration végétales. Univ. De Biska. 63p .

Brack Egg, A., 2003. Péru diez mil anos de domesticacion. Lima, peru : Editorial Bruno.

Boiteau P., Pasich B., Et Rastimananga A.R., 1964. Les triterpénoïdes en physiologie végétale et animale. Gauthiers-villars, Paris.

Biodiversity International 2013 www.biodiversityinternational.org.

Bouzerzour H., BenMohamed A., Makhlouf A., Et Harzallah D., 1998 Evaluation de quelque technique de sélection pour tolérance au stress chez le blé dur (*triticum durum Desf*). En zone semi-aride d'altitude. Rév. Céréaliculture n33 :27-33.

Références bibliographiques

- Bertero, H.D., King, R.W., Hall, A.J., 1999.** Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field crops research*, 63 : 19-34.
- Belahbib, 2005.** Les cultures alternatives : Quinoa, Amarante et épeautre. *Bulletin du PNTTA* n°133, Octobre 2005.
- Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffailac, J.P., Rocheteau, A., 2006.** Response of some.
- Bhargava, A., Shukla, S., Ohri, D., 2007a.** Genetic variability and interrelationship among crops *Research*, 101 : 104-116.
- Bhargava, A., and Srivastava, S. (2013).** Quinoa : production and uses. CABI. 247p.
- 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.
- Canahua, A. et Rea, J., 1979.** Quinoa resistentes a heladas. In : II Congreso Internacional
- Cabido, M., Ateca, N., Astegiano, M., Antôn, A., 1997.** Distribution of C3 and C4 grasses along an altitudinal gradient in Central Argentina. *Journal of Biogeography*, 24: 197-204.
- Chauhan, G.S., Eskin, N.A.M., Tkachuk, R., 1992.** Nutrients and antinutrients in quinoa seed. *Cereal Chemistry*, 69: 85-88.
- Dini, I., Tenore, G.C., Dini, A., 2004.** Phenolic constituents of *Kancolla* seeds. *Food Chemistry*, 84: 163-168.
- Espindola, G., 1992.** Proyecto de fortalecimiento y modernización. IBTA-BM. In: Informe anual 1992. programa quinoa. Estación Experimental de Patacamaya. La Paz, Bolivia. pp. 37-42.
- FAOSTAT, 2007.** Base de données statistiques de la FAO, <http://www.faostat.fao.org>
- FAOSTAT, 2010.** <http://faostat.fao.org/sitr/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- FAOSTAT, 2015.** Base de données statistiques de la FAO.
- Felix D., 2004.** Diagnostic Agraire de la province Daniel campos, Bolivia: Le développement de la filière quinoa et ses conséquences sur l'équilibre du système agraire Aymara. Mémoire ESAT1 Cnarc, Cicda, Ensam. Montpellier. 113p
- Galwey, N.W., 1993.** The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial Crops and Products*, 1: 101-106

Références bibliographiques

- Gandarillas, H., 1968.** Caracteres botânicos mäs importantes para la clasificaciôn de la quinua. In : Anales de la Primera Convenciôn de Quenopodiaceas quinua – canahua. Universidad Nacional Técnica del Altiplano (Ed). Puno, Peru. pp. 41-49.
- Gandarillas ,H.,1979.** La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): Genética y origen.In: La Quinua y Ia Kaniwa cultivos andinos.Tapia,ME.,Ganaarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A. (Eds.). CIID-IICA. Bogota, Colombia.pp. 45-64.
- Gandarillas, H.,1979.** La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): Botânica. In: La Quinua y la Kaniwa cultivos andinos.Tapia,ME., Gandarillas,H., Alandia, S., cardozo, A., Mujica,A. (Eds.). CIIDIICA. Bogota, Colombia. pp.20-44.
- Gandarillas, H., 1982.** El cultivo de la quinua. Ministerio de Asuntos Çampesinos y Agropecuarios, Instituto Boliviano de Tecnologia Agropecuaria Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. La Paz, Bolivia.22 p.
- Geerts S., Raes D. , Garcia M., Vacher J., Mamanib R., Mendozab J., Huanca R.. Morales B., Miranda R., Cusicanqui J. and Taboada C. (2008).** Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). European journal of agronomy.28:427-436.
- Goritz A. Et Luna De La Fcente R., 1965.-** La quinua en el peru. Ministerio de Agriniltura, Lima. Servicio de investigacion y prmocion agrarai. Boletin técnico, 54 ,19 p.
- Institue Technique du Développement de l'Agriculture Saharienne 2016.
- Izquierdo Fernández,J.I., Mujica,A., Jacobsen, S.E., Marathée, J.P., Morôn,C.,2001.** Cultivos andinos. Versiôn 1.0. (CD-Rom). Santiago, Chile : FAO. Accessible à : <http://www.rlc.fao/org/es/agricultura/pubs.html>
- Jacobsen,S.E. & Stolen, O., 1993.** Quinoa: morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. European Journal of Agronomy,2: 19-29.
- Jacobsen, S.E., Monteros, C., Christiansen, J.L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J., Mujica, A.,2005.** Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy, 22: 731-139.
- Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., Nunez, N., Andersen, S.D., Rasmussen, L.,Mogensen, V.O., 2000.** Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa(*Chenopodium quinoa Willd.*) during soil drying. European Journal of Agronomy,13 :211-223.

Références bibliographiques

Kemassi.,2015.Etude de l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique en régions sahariennes : Cas de la cuvette de Ouargla . Thèse Magister., En Eco-pédologie et environnement.Université de Ouargla 2 :51-52

Khachai. S., 2001 - Contribution à l'étude du comportement hydro physiques des soles des périmètres d'LT.D.A.S, plaine de l'Outaya. Thèse Magister., Ins. Agro. Université de Batna, 223 p

Kubien, D.S. & Sage, R.F., 2004. Low-temperature photosynthetic performance of a C4 grass and a co-occurring C3 grass native to high latitudes. *Plant, Cell and Environment*,27:907-916.

Laamarani. M., Jousselin.E., & Coeur D'acier. A.,2010 - Assessment of aphid diversity (Hemiptera: Aphididae) in Algeria: a fourteen-year investigation. *Entomologie faunistique _Faunistic Entomologist* 62 (2),73-87.

Laguna P.,2002. Competitividad, externalidades e intemalidades: un reto para les organizaciones economicas campesinas. *Debate Agrario, Analysis y Altemativas.* Lima,Pérou. 34:95-169.

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

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

Mahoney A. w., LopezJ.G, et Hendricks D.G. , 1975. An evaluation of the protein quality of quinoa. *J .Agr. Fd,chem.* 190-193p.

Mujica, A., Jacobsen, S.E., Canahua, A.,2001. Las aynokas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) - un sistema de conservaci6n de recursos genéticos estratégicos del altiplano peruano. Site Internet. CONDESAN,

<http://www.condesan.org/infoandina/foros/instu2001/s.jacobsenspanish>.

Mujica, A., Jacobsen, S.E., Izquierdo, J., Marathee, J.P. (coord.), 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.CIP, UNAP, FAO. CD Cultivos Andinos, versi6n 1.0 FAO (Ed.). Santiago, Chile.

Mujica A., Izquierdo J., Marathee J.P., 2001. Origen y descripci6n de la quinua. Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.

Références bibliographiques

- Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathee, J. P.** et FAO (eds). CIP, IINAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile. Munns R., Schachtman D.P Condon A.G.,
- Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., Marathee, J. P.** et FAO (eds). CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos, version 1.0. Santiago, Chile.
- National Research Council**, 1989. Lost crops of the Incas: little-known plants of Andes with promise for world wide cultivation National Academy Press. Washington, DC., USA' 427p.
- pinto, M.V.**, 2002. Análisis de la variabilidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) circundante al lago Titicaca. Tesis Ingenieria en Agronomia. Facultad de Agronomia, Universidad mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 91 p.
- Rea, J.**, 1969. Morfología de la quinua. In: Observaciones sobre la biología floral y estudios de sâponinas en *Chenopodium quinoa Willd.* Ministerio de Agricultura. Departamento de Experimentacion. Serie Técnica N° 3. La Paz, Bolivia. pp. 15-17.
- Rea J.**, Tapai M, Et Mujica A 1997, Practicas agronomicas p, 83-120. In : Quinoa y kaniwa. cultivos andininos, TAPAI et al, ed, IICA, pogota, colombai.
- Risi, G. et Galwey, N.W.**, 1989. The pattern of genetic-diversity in the Andean grain crop quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). I. Associations between characteristics. Euphytica, 41 :147 162.
- Rojas, W.**, 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Maestria. Facultad de Ciências Agrarias. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 209p.
- 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.
- Rogers. D.J., & Randolph. S.E.**, 2006 - Climate change and vector-borne diseases. Advances in Parasitology 62, 345-381
- Rojas W., pinto M., Soto I.L.**, 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. In Rojas W., Soto J.L., Pinto M., Jáger M. et Padulosi S. (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International 2010. <http://www.proinpa.org/index.php?>

Références bibliographiques

- Salem T et Brahim A.**,2007,Essai de comportement de quatre variétés d'orge dans la région de Biskra. Univ Mohemd Khider, p73.
- Simmonds N,W.**, 1971 ,The breeding system of chenopodium quinoz,I- male sterility, Heredity 27 :73-82.
- Source : Souci, Fachmann, Kraut : La composition des aliments. Tableaux des valeurs nutritives, 7ème édition,2008, MedPharm Scientific .Publishers /Taylor & Francis,ISBN 978-3-8047-5038-8
- spehar, C. R., & santos, R. L. D. B. (2005)**. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40(6), 609 -612.
- Tapai M.**,1979,Industrailization, p.193-201.In: Quinoa y kaniwa cultivos andininos, TAPAI et al, ed, IICA, pogota, Colombai.
- Tapia, M.E.**, 1979. Historia y distribuciôn geogrâfica.In: Tapia, M. et al (Eds). Quinoa y Kafliwa cultivos andinos. centro Intemacional para el desarrollo, IICA. Bogota, colombia. pp. 15-19.
- TapiaM.E.**, 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentaciôn.Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.
- Tapia, M.E.**, 2002. Cultivos, andinos.subexptotados y su aporte a. la alimentaciôn.In: cultivos Andinos. CD-Rom, versiôn 1.0.FAO,UNA-Puno,CIP. Santiago, chile.
- transfert de technologie en agriculture. <http://studylibfr.com/doc/3022031/les-cultures-alternatives--->
- Weber E j**,1975.The Inc a's ancient answer to food shortage. Nature, 272:456.
- white P. L., Alvisture E., Vinas C. D. E., White H. S. et collazos C.**, 1955. Nutrient content and protein quality of quinoa and canihua, esible seed prducts of andes mountains J .Agr. Fd,chem..., 3 :531-534.
- Wilson, H.D.**, 1990. Quinoa and relatives (Chenopodium sect. Chenopodium subsect. cellulata). Economic Botany, 44: 92-110
- Wilson, H.D.**, 1988c. Quinoa biosystematics. II: Free-living populations. Economic Botany,42:478- 494.

Annexe 1 : Durée de la phase semis-levés

trait	bloc	Nombre des lignes						Nombre T
		Ligne1	Ligne2	Ligne3	Ligne4	Ligne5	Ligne6	
Q102 V1	01	10	14	16	15	10	11	188
	02	07	06	08	12	15	15	
	03	02	15	11	10	06	05	
Q29 V2	01	12	12	14	15	15	15	199
	02	10	12	05	14	06	04	
	03	09	14	16	12	12	02	
Q27 V3	01	08	07	12	10	12	14	162
	02	06	04	08	10	02	08	
	03	07	12	14	10	02	06	
Q18 V4	01	02	09	12	10	16	16	139
	02	04	10	12	09	02	06	
	03	02	03	09	04	05	08	
S.M V5	01	02	04	06	07	02	01	77
	02	01	09	05	07	05	02	
	03	02	06	02	01	08	07	

Symbole	Variété	Période	Ordination	N° des plantes
V1	Q120	06	02ème	188
V2	Q29	05	01ère	199
V3	Q27	05	03 ème	162
V4	Q18	05	04 ème	139
V5	Santa Maria	05	05 ème	77

Duré totale de la période est échelonnée entre : 05 Et 06 jours .

Annexe 2 : Durée de la phase levés-deux feuilles vrais

Trait	Bloc	Nombre des lignes						Nombre T
		Ligne1	Ligne2	Ligne3	Ligne4	Ligne5	Ligne6	
Q102 V1	01	08	10	13	14	10	07	175
	02	08	05	09	11	15	15	
	03	02	13	10	10	04	05	
Q29 V2	01	10	09	14	14	13	12	186
	02	09	10	05	14	06	04	
	03	10	14	14	10	10	02	
Q27 V3	01	05	07	10	10	10	12	150
	02	05	02	08	09	02	14	
	03	07	12	14	10	02	05	
Q18 V4	01	02	09	12	10	16	14	138
	02	04	10	12	09	02	05	
	03	02	03	09	04	05	04	
S.M V5	01	02	02	05	06	02	01	76
	02	01	08	05	06	04	02	
	03	02	06	02	01	08	07	

Symbole	Variété	Période	Ordination	N° des plantes
V1	Q120	07	02ème	175
V2	Q29	07	01ère	186
V3	Q27	07	03 ème	150
V4	Q18	07	04 ème	138
V5	Santa Maria	07	05 ème	76

La Duré totale de la période sont 07 jours avec tous les variétés

Annexe 3 : Durée de la phase deux feuilles vraies-quatre feuilles vraies

Trait	Bloc	Nombre des lignes						Nombre T
		Ligne1	Ligne2	Ligne3	Ligne4	Ligne5	Ligne6	
Q102 V1	01	10	12	16	14	10	06	286
	02	10	07	10	14	15	13	
	03	04	15	09	10	07	08	
Q29 V2	01	12	10	15	15	10	11	190
	02	10	08	08	12	05	08	
	03	10	14	14	10	10	02	
Q27 V3	01	07	10	06	08	11	14	160
	02	04	05	08	10	04	12	
	03	10	14	12	10	05	04	
Q18 V4	01	04	10	14	15	12	14	167
	02	03	19	14	08	05	10	
	03	08	04	07	07	04	03	
S.M V5	01	02	10	08	11	02	01	99
	02	01	08	04	06	04	06	
	03	04	08	02	01	08	07	

Symbole	Variété	Période	Ordination	N° des plantes
V1	Q120	4	01	286
V2	Q29	4	02	190
V3	Q27	4	04	160
V4	Q18	4	03	167
V5	Santa Maria	4	05	99

Durée totale de la période est 04 jours pour toutes les variétés

Annexe 4 : Durée de la phase deux feuilles vraies-quatre feuilles vraies

trait	bloc	Nombre des lignes						Nombre T
		Ligne1	Ligne2	Ligne3	Ligne4	Ligne5	Ligne6	
Q102 V1	01	10	12	16	14	10	06	286
	02	10	07	10	14	15	13	
	03	04	15	09	10	07	08	
Q29 V2	01	12	10	15	15	10	11	190
	02	10	08	08	12	05	08	
	03	10	14	14	10	10	02	
Q27 V3	01	07	10	06	08	11	14	160
	02	04	05	08	10	04	12	
	03	10	14	12	10	05	04	
Q18 V4	01	04	10	14	15	12	14	167
	02	03	19	14	08	05	10	
	03	08	04	07	07	04	03	
S.M V5	01	02	10	08	11	02	01	99
	02	01	08	04	06	04	06	
	03	04	08	02	01	08	07	

Symbole	Variété	Période	Ordination	N° des plantes
V1	Q120	14	02	177
V2	Q29	13	01	184
V3	Q27	13	04	153
V4	Q18	13	03	161
V5	Santa Maria	11	05	98

Durée totale de la période est échelonnée entre : 11 Et 14 jours.

Annexe 5 : Durée de la phase ramification-début de formation des panicules

Symbole	Variété	Période	Ordination	N° des plantes
V1	Q120	14	01	218
V2	Q29	13	02	207
V3	Q27	12	04	168
V4	Q18	12	03	176
V5	Santa Maria	12	05	115

Durée totale de la période est échelonnée entre : 12 Et 14 jours.

Annexe 6 : Durée de la phase début de formation des panicule- panicule

Symbole	Variété	Période	Ordination	N° des plantes
V1	Q120	14	01	218
V2	Q29	13	02	207
V3	Q27	12	04	168
V4	Q18	12	03	176
V5	Santa Maria	12	05	115

Durée totale de la période est échelonnée entre : 12 Et 14 jours.

Annexe 7 : Durée des autres phases

Symbole	Variété	Panicule	Floraison	Graines laiteux	Graines pâteux	Maturité
V1	Q120	16	25	25	29	26
V2	Q29	14	22	25	28	27
V3	Q27	14	21	26	28	27
V4	Q18	14	18	26	26	27
V5	Santa Maria	14	19	26	27	27

Annexe 8 : Données climatologiques de cycle de vie de quinoa durant la campagne (2017-2018)

	Année	Mois	<i>Tmin</i>	<i>Tmax</i>	<i>Tmoy</i>	<i>UX en</i>	<i>FX en</i>	<i>RR en</i>	<i>E en</i>	<i>I en</i>
			<i>en °C</i>	<i>en °C</i>	<i>en %</i>	<i>%</i>	<i>m/s</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>Heure</i>
Cycle de vie de quinoa	2017	Novembre	9,4	22,9	29	76	8,5	14,6	129,2	240,1
		Décembre	5,4	18,2	33	80	9,4	2,6	80,3	226,0
	2018	Janvier	5,5	20,7	25	71	9,2	Trace	118,6	253,4
		Février	6,9	19,7	26	73	10,9	5,3	97,5	208,6
		Mars	11,9	26,8	11	49	13,1	0,0	193,6	246,9
		Avril	16,4	30,6	9	47	11,8	0,0	261,4	262,3

Source : Station météorologique d'Ouargla, (2018).

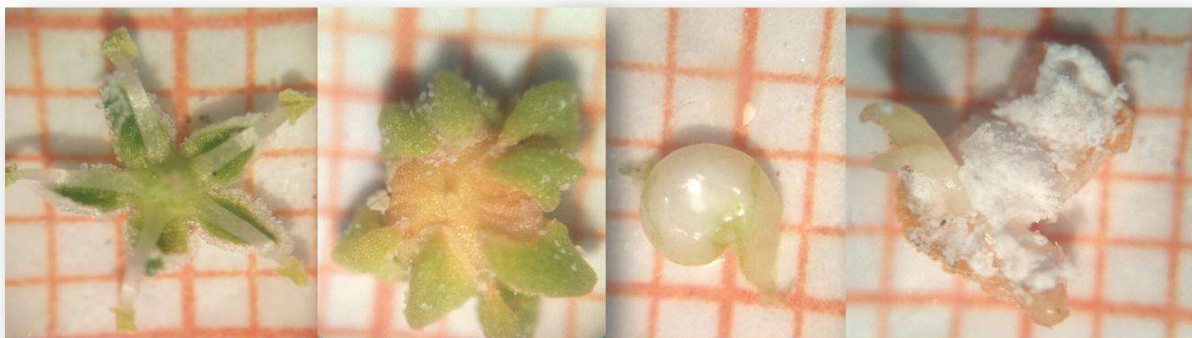
Annexe 9 : Aménagement du dispositif cultural



Annexe 10 : Site expérimental au stade début de formation des panicules



Annexe 11 : Différentes étapes de formations des graines de quinoa (sous la loupe)



Fleur de quinoa

Formation de
graine

Graine de quinoa
au stade laiteux

Graine de quinoa
au stade pâteux

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier le potentiel de croissance et de production de deux variété et trois population du quinoa « Q102 (Amarilla Sacaca), Santa Maria, Q29 ,Q27et Q18» sous les conditions édapho-climatiques arides (région de Ouargla). Pour ce faire, un dispositif expérimental a été installé sous palmier au niveau de l'exploitation agricole de l'université d'Ouargla pour comparer le comportement de cinq variétés de quinoa. Ainsi, le dispositif expérimental choisi est de type bloc aléatoire comportant cinq variétés et trois répétitions. Les paramètres retenus sont : paramètres de croissance végétative, paramètres de rendement et de ceux de précocité. Les résultats obtenus montrent que la variété Q102 (Amarilla Sacaca) a enregistré le rendement le plus élevé (26,215 qx/ha), toutefois, il est à signaler qu'il s'agit d'une variété relativement tardive par rapport aux autres variétés testées, en particulier par rapport à la variété Santa maria qui a donné, le poids de 1000 graines le plus élevé. Enfin malgré, les différences de comportement enregistrées entre les variétés pour l'ensemble des paramètres étudiés, il bien évident que toutes les variétés testées ont répondu aux conditions édapho-climatiques sévères caractérisant le milieu aride saharien. Ce qui témoigne le fort pouvoir d'adaptation de cette plante à aux conditions extrêmes.

Mots clés : quinoa, comportement, conditions sahariennes, région de Ouargla.

Abstract

This research is aimed at studying growth potential and production of two varieties and three population (Amarilla Sacaca)Q102.Santa Maria ,Q29,Q27 and Q18 under climat conditions for the purpose of comparing the adaptation of these varieties in these environmental conditions(Ouargla region).In order to do that, an experimental device is installed under plans, at Ouargla university farm,to compare the behaviour of five varieties of quinoa.Thus, the chosen experimental device is a random block type including five varieties and tree frequencies.the selected parametrs are :parametrs of vegetative growth,parametrrs of yield,and parametrs of fastness.Got resultats shw that variety Q102(Amarilla Sacaca) has the highest productivity (26,22 qx/hectare)however,it must be noted that this variety is relatively late compared to the other tested varieties,especially when comparedto Santa Maria group which gave the highest weight of 100 seeds.Finally,despite the differences in behaviour noted between the varieties for all studied parameters,it is clear that all tested varieties have met the severe climatic conditions that characterize the arid desert environment,this indicates the strong ability of this plant in extreme.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانات النمو وإنتاج نوعين وثلاثة أنواع غير معروفة من الكينوا "Q102 (Amarilla Sacaca) و Santa Maria، Q29، Q27 و Q18 تحت الظروف المناخية لغرض مقارنة تأقلم هذه الأصناف في هذه الظروف البيئية (منطقة ورقلة)، للقيام بذلك، تم تركيب جهاز تجريبي تحت النخيل على مستوى مزرعة جامعة ورقلة لمقارنة سلوك خمسة أنواع من الكينوا. وبالتالي، فإن الجهاز التجريبي المختار هو من نوع عشوائي ضم خمسة أصناف وثلاثة تكرارات. الدراسات المختارة هي: دراسة النمو، دراسة المردود من الحبوب، ومعلمات سرعة النمو. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن الصنف Q102 (Amarilla Sacaca) قد سجل أعلى إنتاجية (26,215 كغ/هكتار)، ومع ذلك، يجب ملاحظة أن هذا التنوع متأخر نسبياً مقارنة بالأصناف الأخرى التي تم اختبارها، خاصة بالمقارنة مع نوع Santa Maria التي أعطت، وزن 1000 بذرة أعلى. وأخيراً، على الرغم من الاختلافات في السلوكيات المسجلة بين الأصناف لجميع المعلمات المدروسة، فمن الواضح أن جميع الأصناف التي تم اختبارها قد استوفت الظروف المناخية الحادة التي تميز البيئة الصحراوية القاحلة. هذا يدل على قدرتها مقارنة مع الظروف المناخية الخاصة بهذه المنطقة.

كلمات مفتاحية: كينوا، سلوك، ظروف الصحراوية، منطقة ورقلة.