

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département 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 : - BOUAZZA Sana
- DJABALLAH Imane

Thème

**Effet de date de semis sur la productivité de quinoa dans les
zones arides (Cas de Ouargla)**

Soutenu publiquement le:

03/07/2019

Devant de jury:

M. BELAAROUSSI Med. Elhafed	M.C.B.	Président	U.K.M. Ouargla
M. SAGGAI M. Mounir	M.A.A.	Examineur	U.K.M. Ouargla
Mme. OUSTANI Mebrouka	M.C.B.	Encadreur	U.K.M. Ouargla

Année Universitaire : 2018/2019



Dédicace

Nous dédions ce mémoire à tous ceux qui nous ont toujours aimés,
supportée, conseillés, poussés à l'amélioration, vraiment aucune
dédicace ne saurait exprimer notre attachement, notre amour et
notre affliction

Nos chers et respectueux parents, pour tous leurs sacrifices, leur
amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de
nos études

A nos sœurs, frères et nos chères les grands parents

A toutes les familles : **Djaballah et Bouazza**

Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

A nos amis et camarades

A tous ceux qui nous connue

Merci pour vous tous.



Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remercions « **ALLAH** » qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenant à remercier sincèrement : Notre promoteur **Mme. Ouastani M.** qui est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous remercions très chaleureusement **Melle Allali Affaf** pour son amitié, conseil, suivi et l'aide précieuse qu'elle nous avons apportés tout au long de ce travail.

Nous tenons également à remercier **l'Institut Technique de Développement d'Agriculture Saharienne (ITDAS)** qui nous avoir accepté et de contribuer à l'élaboration de la partie expérimentale de ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à tous les enseignants qui nous ont aidé et dirigé au cours de cette recherches.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos considérables remerciements vont également aux tous les travailleurs au Laboratoire des Travaux Publique du Sud (**L.T.P.S**) ainsi que les laboratoires pédagogiques de la faculté, l'**ONM** et International centre for biosaline agriculture (**ICBA**) pour leurs informations et conseils.

Spécial remerciement pour **la promo Gestion des agrosystèmes**, notamment notre proche amies qui nous aidés de prés ou de loin dans la réalisation de ce travail et soutenus dans les moments difficiles.

Liste d'abréviation

Liste d'abréviation

MADR : Ministère d'Agriculture et de Développement Rurale

I.T.D.A.S : Institut Technique d'Agronomie Saharienne

ICBA: International Center for Biosaline Agriculture

FAO: Food and Agriculture organization

N.P.L : Nombre de plants levés

N.T.P : Nombre total des plants

P.T.P : Poids total de plants

N.Ramif : Nombre de ramification herbacée

P.M/Pln: Poids Moyen par Plant

N.P.Sec: Nombre de Panicule Secondaire

P.P.Prin: Poids de Panicule Principale

P.T.G: Poids Total des Grains

P 1000 G: Poids de 1000 Grains

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1. Plante de quinoa.....	5
Figure 2. Système racinaire du quinoa.....	7
Figure 3. Variation du nombre de dents dans les feuilles de quinoa	8
Figure 4. Couleurs des feuilles de quinoa vue au maturité	9
Figure 5. Panicule de quinoa (Futura- sciences).....	9
Figure 6. Les formes d'inflorescences du quinoa	10
Figure 7. Fleurs hermaphrodites du quinoa	11
Figure 8. Formes de grains de quinoa	12
Figure 9. Couleur des grains de quinoa.....	12
Figure 10. Schéma des stades phénologiques du quinoa	19
Figure 11. Situation géographique de la région d'étude	29
Figure 12. Méthodologie de travail.....	34
Figure 13. Localisation la station d'étude	35
Figure 14. Dispositif expérimental.....	37
Figure 15. Variation de nombre de plants levés/m ² en fonction	54
Figure 16. Variation de nombre total des plants/m ² en fonction de la date de semis	55
Figure 17. Variation de poids total des plants/m ² en fonction de la date de semis	56
Figure 18. Variation de la hauteur des plants en fonction de la date de semis	57
Figure 19. Variation de nombre de ramification herbacée en fonction de la date de semis	58
Figure 20. Variation de poids moyen /plant en fonction de la date de semis	59
Figure 21. Les couleurs de panicule observée	60
Figure 22. Les formes des portes de la plante quinoa.....	60
Figure 23. Variation de nombre de panicule secondaire en fonction de la date de semis	61
Figure 24. Variation de poids de panicule principale en fonction de la date de semis	62
Figure 25. Variation de poids de 1000 grains en fonction de la date de semis.....	63
Figure 26. Variation de poids totale des grains/m ² en fonction de la date de semis	64

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1. Systématique de quinoa	6
Tableau 2. Mécanismes de résistance du quinoa à la sécheresse.....	14
Tableau 3. Mécanismes de résistance du quinoa au Froid.....	15
Tableau 4. Besoins de quinoa en azote, phosphore et potassium pendant tout le cycle végétatif	22
Tableau 5. Taux de germination de matériel végétal.....	47
Tableau 6. Caractérisation physique, physico-chimique et chimique du sol.....	47
Tableau 7. Caractérisation physico-chimique d'eau d'irrigation.....	48
Tableau 8. Suivi des stades phénologiques et comptage des jours	51
Tableau 9. Analyse de la variance (N.P.L/m ²).....	53
Tableau 10 . Analyse de la variance (N.T.P/m ²).....	54
Tableau 11. Analyse de la variance (P.T.P/m ²)	55
Tableau 12. Analyse de la variance (Hauteur / plant).....	56
Tableau 13. Analyse de la variance (N.Ramif).....	57
Tableau 14. Analyse de la variance (P.M/Plant)	58
Tableau 15. Analyse de la variance (N.P.Sec).....	61
Tableau 16. Analyse de la variance (P.P.Prin/m ²)	62
Tableau 17. Analyse de la variance (P 1000 G)	63
Tableau 18. Analyse de la variance (P.T.G/m ²).....	64

Liste des photos

Liste des photos

Photo 1. Géotype Gizza1	38
Photo 2. Géotype Q102	38
Photo 3. Le semis	39
Photo 4. Echantillonnage du sol.....	41
Photo 5. Echantillonnage de l'eau d'irrigation.....	42
Photo 6. Tamisage de l'échantillon du sol	43
Photo 7. Préparation d'extrait du sol (1/2.5).....	43
Photo 8. Préparation d'extrait du sol (1/5).....	44
Photo 9. Dosage du calcaire total	44
Photo 10. Dosage de gypse (Méthode de calcination au four à moufle).....	45

Table des matières

Table des matières

Introduction.....	1
Partie 1. Synthèse bibliographique	3
Chapitre 1. Généralité sur le quinoa.....	4
1.1. Origine et distribution géographique	5
1.2. Classification botanique.....	6
1.3. Description morphologique	6
1.3.1. Caractères végétatifs	6
1.3.1.1. La racine	6
1.3.1.2. La tige.....	7
1.3.1.3. Les feuilles.....	8
1.3.2. Caractères floraux	9
1.3.2.1. L'inflorescence	9
1.3.2.2. Les fleurs	10
1.3.3. Les fruits.....	11
1.4. Physiologie de quinoa	12
1.4.1. Résistance à la sécheresse.....	13
1.4.2. Résistance au froid.....	14
1.4.3. Résistance à la salinité.....	15
1.4.4. Vent, neige, grêle.....	16
1.5. Phénologie du quinoa.....	16
1.5.1. Levée	16
1.5.2. Deux feuilles vraie	16
1.5.3. Quatre feuilles vraies.....	16

Table des matières

1.5.4. Six feuilles vraies	17
1.5.5. Ramification	17
1.5.6. Début de formation de la panicule	17
1.5.7. Panicule	17
1.5.8. Début de floraison	17
1.5.9. Floraison	17
1.5.10. Grain laiteux	18
1.5.11. Grain pâteux	18
1.5.12. Maturité physiologique	18
1.6. Conduite de la culture	20
1.6.1. Exigences climatiques	20
1.6.2. Exigences édaphiques	20
1.6.3. Exigences hydriques	20
1.6.4. Exigences agronomiques (Pratiques culturales)	21
1.6.4.1. Préparation du sol	21
1.6.4.2. Semis	21
1.6.4.3. Fertilisation et entretien	21
1.7. Récolte	22
1.8. Maladies	23
1.9. Insectes et ravageurs	23
1.10. Mauvais herbes	23
1.11. Variétés de quinoa	24
1.12. Importance de la culture de quinoa (Utilisation et valeur nutritionnelle)	25
1.13. Quinoa dans le monde	25

Table des matières

1.14. Quinoa en Algérie	26
1.15. Quinoa dans la région de Ouargla	27
Chapitre 2. Cadre physique de la région d'étude.....	28
2.1. Position de la région de l'étude Ouargla.....	29
2.2. Contexte climatique	29
2.3. Hydrologie	30
2.4. Hydrogéologie.....	30
2.4.1. Nappe phréatique.....	30
2.4.2. Nappe du miophiocène.....	30
2.4.3. Nappe sénonienne	30
2.4.4. Nappe albienne.....	31
2.5. Pédologie.....	31
Partie 2. Partie expérimentale.....	32
Chapitre 3. Matériel et méthode.....	33
3.1. Approche méthodologique.....	34
3.1.1. Choix de station d'étude.....	35
3.1.2. Présentation de station d'étude.....	35
3.1.3. Site d'étude (ITDAS)	36
3.1.4. Climat	36
3.2. Dispositif expérimental.....	36
3.3. Matériel et méthodes utilisés	37
3.3.1. Matériel végétal.....	37
3.3.2. Conduite de la culture	38
3.3.2.1. Préparation de sol	38

Table des matières

3.3.2.2. Fertilisation	38
3.3.2.3. Test de germination	39
3.3.2.4. Semis	39
3.3.2.5. Irrigation	40
3.3.2.6. Désherbage	40
3.3.2.7. Traitements phytosanitaires	40
3.3.2.8. Suivi de quelques stades phénologiques.....	40
3.4. Echantillonnage.....	41
3.4.1. Sol.....	41
3.4.2. Eau d'irrigation	41
3.5. Analyse au laboratoire	42
3.5.1. Analyse physique	42
3.5.1.1. Granulométrie	42
3.5.2. Physico-chimique	43
3.5.2.1. pH	43
3.5.2.2. Conductivité électrique.....	44
3.5.3. Analyse chimique	44
3.5.3.1. Dosage du calcaire total.....	44
3.5.3.2. Dosage du Gypse	45
3.6. Lectures et mesures (méthodes de détermination des paramètres étudiés).....	45
3.6.1. Paramètres de croissance végétative	45
3.6.2. Paramètres de rendement	45
3.6.3. Analyse statistique.....	45

Table des matières

Chapitre 4. Résultats et discussion.....	46
4.1. Test de germination.....	47
4.2. Caractérisation du sol.....	47
4.3. Caractérisation physico-chimique de l'eau d'irrigation.....	48
4.3.1. Caractérisation physico-chimique.....	48
4.4. Suivi de quelques stades phénologiques.....	48
4.4.1. Suivi des stades de première date (le 16 – 10 – 2018).....	48
4.4.2. Suivi des stades de deuxième date (le 31 – 10 – 2018).....	50
4.4.3. Suivi des stades de troisième date (le 15 – 11 – 2018).....	50
4.5. Paramètres étudiés.....	53
4.5.1. Paramètres liés à la croissance végétative.....	53
4.5.1.1. Nombre de plants levés par m ²	53
4.5.1.2. Nombre total des plants par mètre carré.....	54
4.5.1.4. Hauteur des plants au stade panicule.....	56
4.5.1.5. Nombre de ramifications herbacées par plant.....	57
4.5.1.6. Poids moyen par plant.....	58
4.5.1.4. Forme de la panicule.....	59
4.5.1.5. Couleurs des panicules.....	59
4.5.1.5. Porte de la plante.....	60
4.5.2. Paramètres liés au rendement.....	60
4.5.2.1. Nombre des ramifications panicule par plant.....	60
4.5.2.2. Poids de la panicule principale.....	61
4.5.2.3. Poids de 1000 graines.....	62
4.5.2.4. Poids total des grains par mètre carré.....	63

Table des matières

Conclusion	68
Références bibliographiques	71
Annexes	I
1. Annexe à une relation avec les données climatiques	I
Annexe 01. Les données climatiques (2009- 2018)	I
Annexe 02. Les données climatiques de l'année en cours période (Octobre - Mai)	II
Annexe 03. Les données climatiques de mois Avril 2019	II
2. Annexes ont une relation avec le sol et l'eau d'irrigation	III
Annexe 03. Classification des sols selon le pH de l'extrait 1/2,5 du sol.	III
Annexe 04. Échelle de la conductivité électrique d'extrait 1/5 du sol.	III
Annexe 05. Échelle du gypse.	IV
Annexe 06. Échelle de calcaire total.	IV
Annexe 07. Appréciation de la qualité de l'eau selon pH.....	IV
3. Annexes ont une relation avec la culture	V
5. Annexe en relation avec des accidents naturels.....	VII

Introduction

L'avenir de la sécurité alimentaire est un enjeu mondial crucial. L'une des cultures les plus prometteuses pour l'alimentation et la sécurité nutritionnelle de demain est le quinoa (ICBA, 2016).

Le quinoa « *Chenopodium quinoa* Willd » est une pseudo- céréale native d'Amérique du sud et notamment une source alimentaire important pour la consommation humaine dans la région andine (SHARMA *et al.*, 2017).

La culture du quinoa était très populaire au sein de l'ancienne civilisation andine, mais il a fallu attendre les années 1970, quand le quinoa a commencé à être introduit dans le reste du monde (ICBA, 2016).

Elle pousse dans différentes zones écologiques, allant du niveau de la mer à 2 000- 4000 m d'altitude et jusqu' à une altitude 4500 m au- dessus du niveau de la mer (BELAID, 2017).

En plus d'avoir une immense valeur industrielle et nutritive très élevée, le quinoa résiste à des larges amplitudes thermiques quotidiennes, elle n'a besoin que de 300 mm de précipitations par an et elle produit dans des délais courts, sa grande tolérance à la salinité et la sécheresse donne à cette plante d'être sélectionnée comme l'une des cultures destinées à offrir une sécurité alimentaire au XXIe siècle (FAO, 2011).

Les caractéristiques nutritionnelles du quinoa, sa rusticité, sa grande adaptabilité et ces multiples utilisations expliquent l'intérêt suscité par cette culture non seulement pour les pays originaires, mais pour le monde entier (JACOBSEN, 2003 ; BAZILE *et al.*, 2016).

Le quinoa est très promoteur, car une nouvelle culture dans les systèmes de production agricole dans les milieux arides s'adapte très bien aux conditions pédoclimatiques de ses régions d'une part (GACEMI, 2016). Néanmoins, jusqu'à présent la plupart des services agricoles de ces régions n'ont pas arrivé encore à des conclusions finales prouvées par des chiffres pour la production de cette culture puisque, le problème d'adaptation est un enjeu multi- paramétriques (FAO, 2018).

Introduction

Dans un article de **Algérie presse service, 2018**, suggère que En Algérie, le quinoa pouvant s'avérer comme un complémentaire de la culture du blé, étant donné que les conditions naturelles requises sont réunies pour sa culture, notamment en milieu oasien, selon des agronomes de la Ferme de démonstration et de production de semences (FDSP) de Hassi-Benabdallah (Est d'Ouargla).

Pratiquée actuellement, à titre expérimental au niveau de différentes régions à l'échelle nationale, telle la FDSP de Hassi Benabdallah et d'autres fermes similaires relevant de l'Institut technique de développement de l'agronomie saharienne (ITDAS), dont celles de Ain Ben-Noui (Biskra), El-Arfiane (El-Oued) et Sbaâ (Adrar), la culture de quinoa a donné lieu, ces dernières années, à des résultats jugés "probants" avec un "bon" rendement, a-t-on signalé.

Cette récolte concerne diverses variétés importées, à l'instar de "Santa-Maria", "Q-102", "GIZA-01", "Q-12" et "Sajama", a-t-on précisé.

A ce titre, la date de semis est considéré parmi les paramètres les plus importants qui influent directement sur le rendement de quinoa, toutefois, ce paramètre jusqu'à l'heure actuelle reste tributaire des aléas climatiques, ce qui empêche sa détermination.

Dans cette perspective, notre travail a été entrepris au niveau d'exploitation agricole de (ITDAS) à Hassi ben Abdallah, dans le but d'apprécier l'influence de différentes dates de semis sur la productivité de quinoa en conditions arides.

Ainsi, notre travail s'est structuré en trois grandes parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique traitant deux chapitres essentiels :
 - ✓ Chapitre 1 : Généralités sur le quinoa dans le premier chapitre
 - ✓ Chapitre 2 : Présentation du cadre général de la région d'étude
- La deuxième partie illustre le matériel et méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.
- La troisième et la dernière partie est consacrée aux discussions des résultats obtenus.

Enfin, les principaux résultats et les perspectives de ce travail sont présentés en conclusion générale.

Partie 1.

Synthèse bibliographique

Chapitre 1.

Généralités sur le quinoa

1.1. Origine et distribution géographique

Quinoa est un mot d'origine quechua désignant une plante annuelle à feuilles triangulaires et panicules composées (Figure 1), Selon les traces archéologiques découvertes dans les grottes d'Ayacucho au Pérou, cette Chénopodiacée aurait été domestiquée il y a 6.400 à 7.800 ans (BASE, 2008).

L'aire de répartition géographique du quinoa s'étend du 5e degré de latitude Nord, en Colombie méridionale, au 43e degré de latitude Sud, dans la Dixième région du Chili, alors qu'en altitude, son aire de répartition va du niveau de la mer à 4 000 mètres. Il est cultivé dans les hauts plateaux du Chili, du Pérou et de la Bolivie, et il existe des variétés de quinoa de littoral, de vallée et de montagne (INF, 2011).



Figure 1. Plante de quinoa (LEBONVALLET, 2008)

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

1.2. Classification botanique

Le quinoa est une plante angiosperme dicotylédone de la famille des Chenopodiaceae. Depuis 2009, une nouvelle classification dite phylogénétique (APG III) range le quinoa dans la famille des Amaranthaceae, mais nous continuerons de nous référer à la classification de Cronquist (Tableau 1) (HERBILLON, 2015).

Tableau 1. Systématique de quinoa

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsidae
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Chenopodiaceae
Genre	Chenopodium
Classification APG III (2009)	
Ordre	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Nom binomial <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., 1798	

Source : Classification de Cronquist (1981)

1.3. Description morphologique

1.3.1. Caractères végétatifs

1.3.1.1. La racine

D'après GANDARILLAS *et al* (1979), la germination du quinoa commence quelques heures après la formation de l'humidité, qui commence par s'allonger. La radicule continue de croître et donne lieu à une racine vigoureuse pivotante pouvant atteindre 30 cm de profondeur. À partir de quelques centimètres du cou, il commence à se ramifier en secondaire, tertiaire, etc., d'où naissent les radicelles qui se ramifient également à divers endroits. Certaines radicelles sont excessivement ténues et longues, comme les poils de plus de 5 centimètres de long

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

Les racines du quinoa sont fortes, très exceptionnellement renversement dû au vent, à l'humidité excessive après irrigation ou à son propre poids. Il peut supporter des plantes de 2 mètres et plus de hauteur. La profondeur de la racine est étroitement liée à la hauteur de la plante. Il était possible de détecter des plantes de 1,70 m de hauteur avec une racine de 1,50 m et des plantes de 90 cm avec une de 80 cm. (GANDARILLAS *et al.*, 1979).

Il est pivotant, vigoureux, profond, assez ramifié et fibreux, ce qui lui confère peut-être une résistance à la sécheresse et une bonne stabilité. (MUJICA *et al.*, 2001)



Figure 2. Système racinaire du quinoa (GANDARILLAS *et al.*, 1979)

1.3.1.2. La tige

La tige est cylindrique au niveau du collet puis devient plus anguleuse à partir des ramifications avec une position alterne des feuilles le long de chacune des quatre faces. Elle peut être unique ou bien présenter de nombreuses ramifications (HERBILLON, 2015). Le diamètre de la tige est variable selon les génotypes, l'espacement des semis, la fertilisation, les conditions de croissance, variant de 1 à 8 cm de diamètre. (MUJICA *et al.*, 2001) et la hauteur varié entre 50 cm et 2 mètres (TAPIA *et al.*, 1997).

La couleur de la tige est également très variable. Elle peut être uniformément verte, verte avec des aisselles colorées (surtout rouges), verte avec des stries violettes ou rouges, ou bien uniformément rouge. A l'intérieur de la tige, on trouve une moelle de couleur blanche à crème, de texture molle chez les jeunes plants puis devenant aérée et spongieuse à l'approche de la maturité. En revanche, le cortex est ferme et compact, constitué de tissus solides (HERBILLON, 2015).

1.3.1.3. Les feuilles

Les feuilles sont alternes et sont formées de pétioles et d'un limbe. Les pétioles sont longs, minces et cannelés dans leur partie supérieure et de longueur variable au sein de la même plante. Le limbe est polymorphe dans la même plante, de forme rhomboïdale, triangulaire ou lancéolée, plats ou ondulés, assez épais, charnus et tendres, avec 15 cm de long et 12 cm de large (MUJICA *et al.*, 2001).

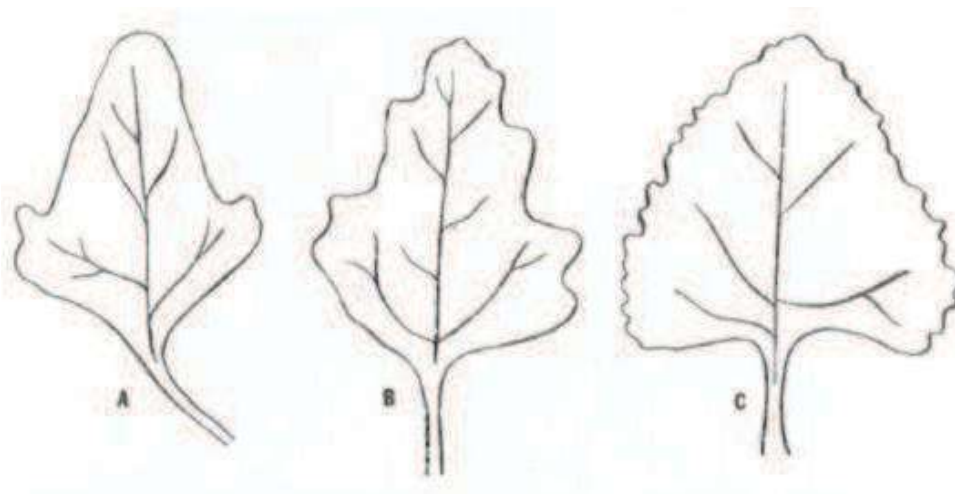


Figure 3. Variation du nombre de dents dans les feuilles de quinoa (GANDARILLAS *et al.*, 1979)

- A. race du sud du Pérou et de la Bolivie avec peu de dents ;
- B. race du centre du Pérou avec 3 à 12 dents ;
- C. race du nord du Pérou et de l'Equateur avec plus de 12 dents.

La couleur de la feuille est principalement verte dans certaines variétés, elles sont vert-violet et à la maturité, les feuilles virent au jaune, orange, rose, rouge ou violet. Les feuilles peuvent avoir des marges entières, dentelées. Le nombre de dents est variable, il peut varier de 3 à 20 (CASTELLANOS *et al.*, 2016)



Figure 4. Couleurs des feuilles de quinoa vue au maturité (CASTELLANOS *et al.*, 2016)

1.3.2. Caractères floraux

1.3.2.1. L'inflorescence

L'inflorescence est une panicule typique (figure 5), constituée d'un axe principal, d'axes secondaires et tertiaires qui supportent les glomérules (groupes de fleurs). La longueur de la panicule varie entre 29 et 55 cm et le diamètre entre 6,0 et 12,7 cm. La panicule peut atteindre un poids de 91 à 114 grammes, grain compris (MANUEL, 2011).



Figure 5. Panicule de quinoa (Futura- sciences)

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

Il a été décrit deux types d'inflorescences chez le quinoa : glomérulaire et amaranthiforme (figure), (Manuel, 2011)

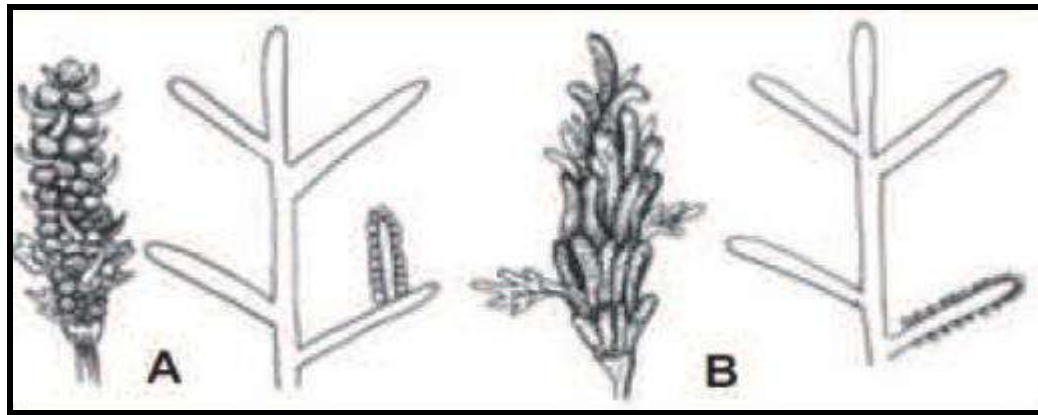


Figure 6. Les formes d'inflorescences du quinoa

A) Glomérulaire ; B) Amaranthiforme (Tapia et Fries, 2007)

1.3.2.2. Les fleurs

Les fleurs sont petites de 1 à 2 mm de diamètre. Comme dans tous les Quenopodiáceas, ce sont des fleurs incomplètes car elles ne possèdent pas de pétales (**LION, 2003**).

Une caractéristique importante du quinoa est la présence de fleurs femelles unisexuées localisées à l'extrémité distale d'un groupe, et de fleurs hermaphrodites localisées à l'extrémité proximale (**HERBILLON, 2015**) (figure 7).

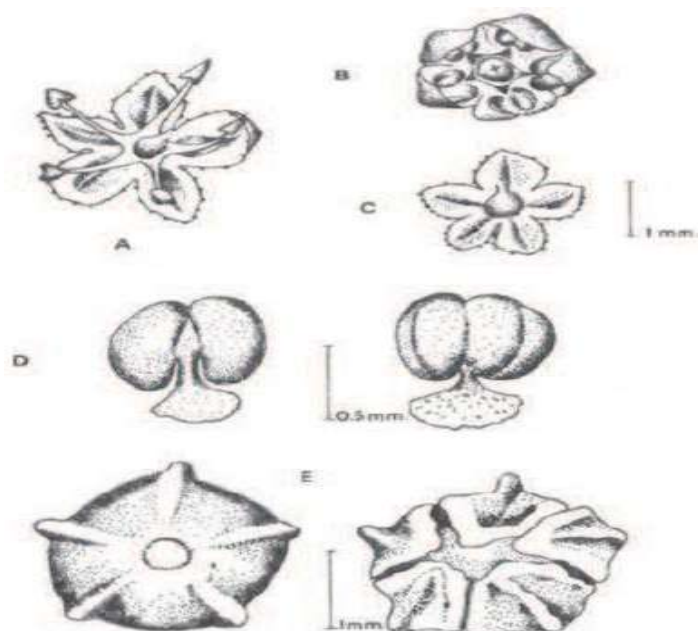


Figure 7. Fleurs hermaphrodites du quinoa (GANDARILLAS, 1979)

- A) Fleur hermaphrodite en période d'anthèse ;
- B) Fleur hermaphrodite avant l'anthèse ;
- C) Fleur femelle ;
- D) Etamine avant la déhiscence, vue interne et externe, respectivement ;
- E) Fruit recouvert par le périgone, vue ventrale et dorsale, respectivement

1.3.3. Les fruits

Selon **LION, 2003**, le fruit de quinoa est un akène, celui qui est recouvert par le périgone, qui il a une forme étoilée à maturité à cause des cinq tépales de la fleur. Le périgone ne recouvre qu'une graine et se détache facilement lorsqu'il est frotté; la couleur du grain est donnée par le périgone et directement associée à la couleur de la plante, le péricarpe du fruit est collé à la graine et l'endroit où se trouve la saponine, qui est un glucoside au goût amer; Il est situé dans la première membrane.

Il existe quatre formes de grains: Lenticulaire, cylindriques, ellipsoïdes et coniques (Figure 8) (**ROJAS, 2011**) Les trois tailles de grain peuvent être classé en trois catégories: grande taille de 2,2 à 2,6 mm, taille moyenne de 1,8 à 2,1 mm et petite taille inférieure à 1,8 mm. (**GANDARILLAS, 1979**)

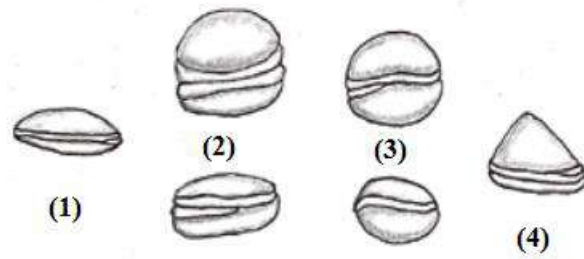


Figure 8. Formes de grains de quinoa (CASTELLANOS et *al.*, 2016)

1) Lenticulaire ; 2) cylindriques; 3) ellipsoïdes; 4) coniques

La couleur de grain la couleur peut être jaune, marron, crème, plomb, blanche ou translucide (Figure 9).



Figure 9. Couleur des grains de quinoa (CASTELLANOS et *al.*, 2016)

1.4. Physiologie de quinoa

Le quinoa est une culture de régions tempérées ou subtropicales où les températures maximales ne dépassent pas 35°C. Son efficacité de fixation du CO₂ et la structure anatomique de ses feuilles sont celles d'une plante en C₃ (ZVIETCOVICH, 1976, cité par DIZES et BONIFACIO, 1992 ; JACOBSEN et STØLEN, 1993).

De par sa grande variabilité génétique, il présente des variétés de jours courts, de jours longs ou indifférentes à la photopériode ; le quinoa s'adapte facilement à des conditions de luminosités très différentes (**FRERE et al., 1975**). D'après **BERTERO (2003)**, **BERTERO et al. (1999a ; 2000)**, le quinoa est "plutôt" une plante de jours courts, mais les variétés de l'Altiplano et du Salar sont moins sensibles à la photopériode que les autres. **JACOBSEN et STØLEN (1993)** ont montré que la vitesse de croissance des variétés précoces était plus importante pendant les 60-70 premiers jours, leur conférant une hauteur de plante supérieure à celle des variétés tardives. Après 70 jours, les variétés tardives continuent à croître alors que les variétés précoces cessent leur croissance.

1.4.1. Résistance à la sécheresse

L'effet de la sécheresse sur la plante dépend d'une série de facteurs tels que principalement l'intensité de l'épisode sec, sa durée et le climat pendant cette sécheresse (température, humidité relative et rayonnement), mais aussi la phase phénologique durant laquelle elle se produit, le génotype de la plante ou le fait qu'elle ait déjà souffert de sécheresse à un stade précédent, ou enfin les caractéristiques du sol et la tolérance de la plante au déficit hydrique. Ces effets peuvent se manifester par une réduction significative de la taille de la plante, de sa surface foliaire, de la biomasse et du rendement (**Sophie LEBONVALLET, 2008**). Les travaux de **GEERTS et al. (2006a ; 2008)**, confirment que la floraison et le remplissage des grains, ces les phases critiques où un stress hydrique a le plus d'effet sur le rendement, et montrent même qu'un stress modéré pendant les phases initiales de croissance aura au contraire pour effet une meilleure résistance du quinoa dans la suite du cycle. Le tableau 2 explique les mécanismes de résistance du quinoa à la sécheresse :

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

Tableau 2. Mécanismes de résistance du quinoa à la sécheresse

Type de mécanisme	Sécheresse
Morphologique	<ul style="list-style-type: none"> • Chute des feuilles ou feuilles plus petites et moins nombreuses pour réduire la surface foliaire et la transpiration • Réduction de la taille de la plante • Forte concentration de cristaux d'oxalate de calcium sur les feuilles autour des stomates pour accumuler l'humidité et refléter le rayonnement solaire • Enroulement des feuilles
Physiologique	<ul style="list-style-type: none"> • Rôle photosynthétique possible de la panicule et des tiges après la chute des feuilles • Position différente des feuilles entre le jour et la nuit et courbure de la tige • Plasticité de la dynamique de développement • Récupération rapide après un épisode sec • Asynchronie de la floraison • Meilleure résistance après un pré-conditionnement • Elasticité de la membrane cellulaire • Réduction stomatique précoce mais maintien d'une transpiration et d'une photosynthèse pendant la période sèche • Ajustement osmotique
Anatomique	<ul style="list-style-type: none"> • Système racinaire plus profond et plus dense • Stomates moins nombreux et plus petits
Phénologique	<ul style="list-style-type: none"> • Modification des durées des phases phénologiques
Biochimique	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de cristaux d'oxalate de Calcium sur les feuilles, les tiges et les panicules • Plus grande production d'acide abscissique et de bêtaïne • Plus grande libération de proline

Source (MUJICA *et al.*, 2000)

1.4.2. Résistance au froid

L'effet du gel sur la plante est différent selon son intensité et sa durée, mais aussi selon les phases phénologiques où il se produit, l'humidité relative de l'air et le génotype. Il est généralement admis que la température minimale limite de croissance pour le quinoa est de -5°C. Des observations au champ ont montré des variétés résistantes jusqu'à -14°C au stade plantule, voire jusqu'à -16 à -18°C, d'après **Catacora et Canahua (1992)**, les stades de l'épi, la floraison et le stade grain laiteux sont les stades les plus sensibles. **JACOBSEN *et al.* (2000a ; 2005)**

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

confirmer que une baisse de rendement inférieure à 10% consécutivement à un gel de -4°C au stade deux feuilles, mais de 66% lorsque le gel se produit au stade floraison.

Tableau 3. Mécanismes de résistance du quinoa au Froid

Type de mécanisme	Froid
Morphologique	<ul style="list-style-type: none">• Chute des feuilles ou feuilles plus petites• Réduction de la taille de la plante
Physiologique	<ul style="list-style-type: none">• Accumulation dans les cellules de proline et desucres solubles• Position différente des feuilles entre le jour et la nuit et courbure de la tige• Osmorégulation pour réduire la formation de glace• dans l'espace apoplastique
Anatomique	<ul style="list-style-type: none">• Stomates moins nombreux et plus petits
Phénologique	<ul style="list-style-type: none">• Rallongement des phases phénologiques les plus• tolérantes au froid
Biochimique	<ul style="list-style-type: none">• Accumulation de métabolites (sucres solubles, proline et protéines).

Source (MUJICA *et al.*, 2001)

1.4.3. Résistance à la salinité

La zone de plus grande production de quinoa dans le monde correspond à la région des salars de l'Altiplano sud de Bolivie, la concentration des certains sols ou eaux d'irrigation est non négligeables. Selon **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.

La résistance des variétés du groupe « salar » à des niveaux de la salinité compris entre 8 et 15 mS/cm sans diminution de leur biomasse. **JACOBSEN *et al.* (2000)** indiquer que le rendement de certains variétés pouvant avoir jusqu'à une salinité de de 25 mS/cm, avec une division du rendement par 2 lorsque la salinité de l'eau dépasse les 30 mS/cm. **MUJICA *et al.* (2001)** mention que même d'une germination possible à 52 mS/cm, mais retardée de 25 jours.

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.

En conditions salines, le quinoa se comporte donc comme un halophyte facultatif et pourrait être utilisé pour nettoyer des sols contaminés par le sel (**Sophie LEBONVALLET, 2008**).

1.4.4. Vent, neige, grêle

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 importants qui assurent un soutien plus grand de la plante. Enfin, les variétés de petite taille avec une tige épaisse et un système racinaire bien développé peuvent plus facilement résister au vent (**Sophie LEBONVALLET, 2008**).

1.5. Phénologie du quinoa

D'après **MUJICA et CANAHUA (1989) in (Sophie LEBONVALLET, 2008)**, le cycle de vie du quinoa est divisé en 12 phases. Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade.

1.5.1. 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

1.5.2. Deux feuilles vraie

Les deux premières feuilles vraies apparaissent 15 à 20^{ème} 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.

1.5.3. Quatre feuilles vraies

La deuxième paire de feuilles vraies se déploie 25 à 30^{ème} 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.

1.5.4. Six feuilles vraies

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

1.5.5. Ramification

A partir du stade huit feuilles, soit 45 à 50^{ème} 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.

1.5.6. 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.

1.5.7. 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^{ème} jours après le semis.

1.5.8. Début de floraison

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

1.5.9. 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.

1.5.10. Grain laiteux

Le grain est qualifié de laiteux 100 à 130^{ème} 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.

1.5.11. Grain pâteux

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

1.5.12. Maturité physiologique

Au bout de 160 à 180^{ème} jours après le semis, le grain soit plus résistant à la pression, 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.

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

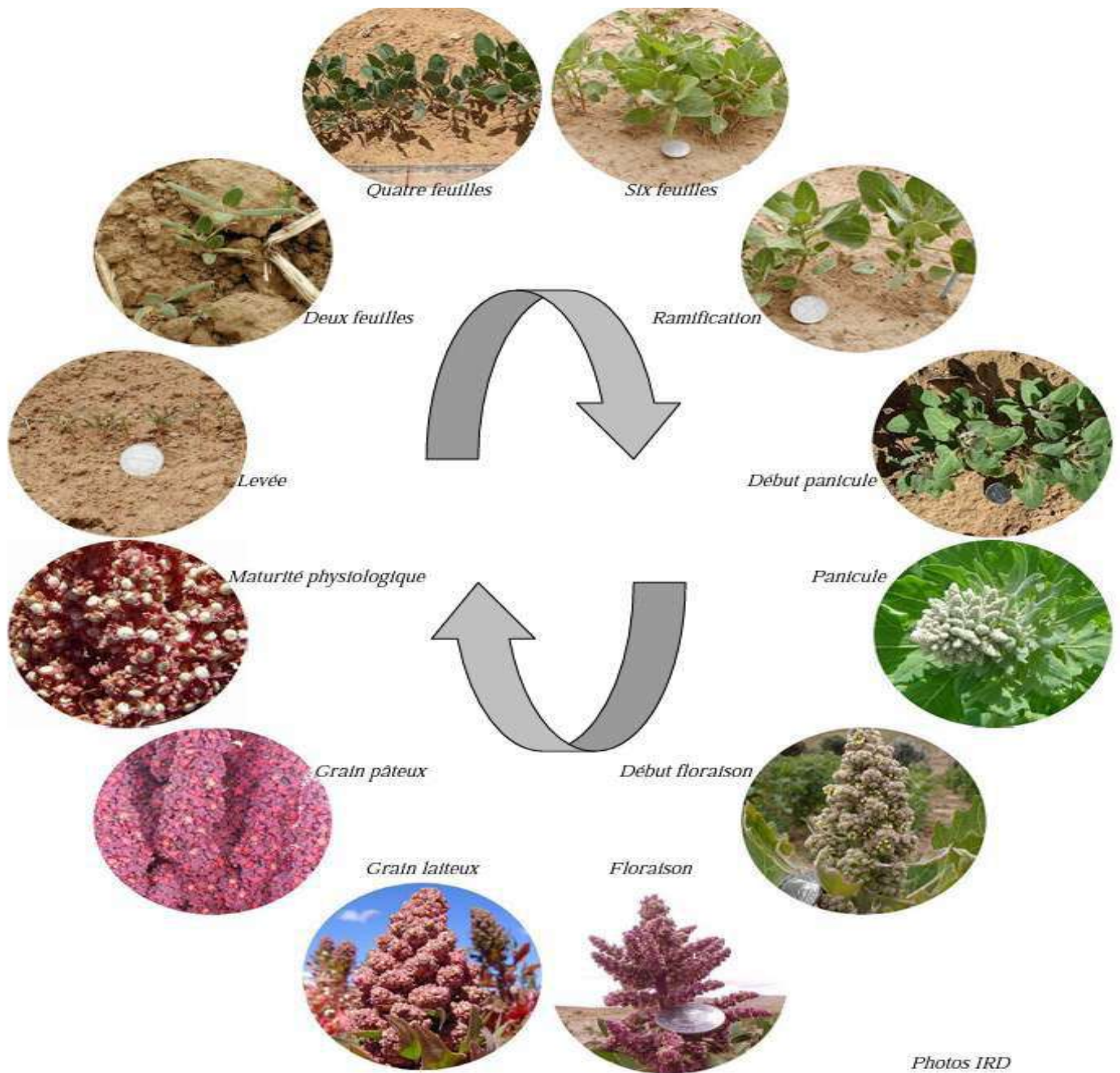


Figure 10. Schéma des stades phénologiques du quinoa (LEBONVALLET, 2008)

1.6. Conduite de la culture

1.6.1. Exigences climatiques

Le quinoa est une culture annuelle qui est semé entre les mois de septembre et novembre et récolté entre mai et juillet. Cette culture nécessite une photopériode courte et une température basse pour une bonne croissance. Le quinoa est très sensible aux fortes températures au stade floraison; celles supérieures à 35°C peuvent conduire à la dormance et la stérilité du pollen. (LEBONVALLET, 2008). La plante tolère le déficit hydrique, le gel (-1 à 0°C) et s'adapte bien aux hautes altitudes de 2000 à 3000 mètres.

1.6.2. Exigences édaphiques

Le quinoa pousse bien sur des sols limono-sableux a sablo-limoneux. En Amérique du Sud, le quinoa est cultivé sur des sols peu ou trop drainés, de faible fertilité, très acide (pH 4.8) ou alcalin (pH 8.5) (LEBONVALLET, 2008). Le quinoa peut être cultivé sur des sols marginaux peu fertiles.

1.6.3. Exigences hydriques

Les besoins d'irrigation de la plante varient selon le climat et la période de croissance de la plante. Il faut prendre soin d'irriguer la plante au cours de la phase initiale pour assurer sa croissance de base en raison de la petite taille des graines. La quantité optimale d'eau varie de 200 à 400 mm, en fonction de la qualité du sol et des conditions météorologiques. Dans les sols sablonneux, l'irrigation est effectuée pendant 15 à 20 minutes à un débit de 4 litres par heure et par fente, ponctuée une à deux fois par jour, en fonction des conditions météorologiques, afin de créer des conditions optimales pour répondre aux besoins de l'eau et de lessivage du sel (ICBA, 2018).

La culture de quinoa tolère le stress hydrique et s'adapte bien aux régions où la pluviométrie annuelle avec irrigation se situe entre 250 - 400 mm sur des sols limono-sableux ou sablo-limoneux. En deçà, la hauteur et le rendement des plantes diminuent. Une irrigation excessive augmente par contre la taille des plantes et améliore le rendement avec le risque de verse.

1.6.4. Exigences agronomiques (Pratiques culturales)

1.6.4.1. Préparation du sol

La préparation du sol se fait normalement à partir de mi-février et peut se prolonger jusqu'à mars. Elle est réalisée soit par "yunta" (2 taureaux) (retournement du sol sur 15-20 cm), soit au tracteur avec une charrue à disque (retournement sur 20-30 cm). Lorsqu'il s'agit d'une rotation où le quinoa suit la pomme de terre, la préparation du sol est réalisée pour la pomme de terre en année 1 ; en année 2 pour le quinoa, elle correspond juste à la récolte de la pomme de terre, effectuée en avril-mai (LEBONVALLET, 2008).

Il est préférable de planter du quinoa sur le terrain, préparé deux fois par labourage à trois reprises, ajoutez ensuite de l'engrais organique à raison de 30 à 40 tonnes / ha et installez le treillis Irrigation goutte à goutte à une distance de 50 cm entre les tuyaux d'irrigation et à une distance de 25 cm entre les ouvertures Pointillé (ICBA, 2018).

1.6.4.2. Semis

Le semis est réalisé en septembre-octobre selon l'occurrence des premières pluies. 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. La densité de semis est d'environ 8-9 kg.ha⁻¹ (200 plantes/m²) (LEBONVALLET, 2008).

La dose de semis doit être doublée sous des conditions de levée contraignantes. Les meilleurs peuplements sont obtenus sur un sol humide au semis plutôt qu'irrigué après.

La préparation du lit de semis est essentielle. Le quinoa exige un lit meuble bien nivelé et drainé pour éviter l'asphyxie des jeunes plantules.

1.6.4.3. Fertilisation et entretien

D'après ICBA (2018), le quinoa a un besoins de **120 kg/ha d'azote, 50 kg/ha Phosphate, 80 kg/ha potassium** avant de planter directement, en ajoutant la quantité restante d'azote pendant la phase de croissance. En cas d'irrigation goutte à goutte, l'engrais est injecté dans le système

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

d'irrigation pendant toute la période de croissance végétative et de floraison et le remplissage des graines selon le tableau ci-dessous :

Tableau 4.Besoins de quinoa en azote, phosphore et potassium pendant tout le cycle végétatif

Stade	Azote	Phosphore	Potassium
Stade de la croissance végétative	60	20	20
Stade de la floraison	20	20	20
remplissage des graines	40	10	40

Source (ICBA, 2018)

1.7. Récolte

La récolte commence quand les grains 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 grains 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.

Lorsque la plante est mature, sa couleur devient jaune et les feuilles tombent, et les graines deviennent plus dures (ICBA, 2018). La récolte se fait de fin mars à début mai. Sur environ 60% des parcelles, le quinoa est arraché jusqu'à la racine, dans le reste des cas il est coupé. Les graines sont ensuite laissées à sécher dans le champ entre 1 et 2 mois (LEBONVALLET, 2008).

La récolte est ensuite récoltée et séchée sur un morceau de tissu dans un endroit chaud et sec pendant plusieurs jours. Ensuite, les graines sont ensuite récoltées manuellement en les frottant manuellement sur une surface grossière ou en utilisant une étude de blé traditionnelle avec un tamis fin. Ensuite, les graines sont séchées au soleil pour les conserver longtemps. Sur de grandes surfaces, la récolte peut être récoltée automatiquement à l'aide de la récolteuse de blé après ajustement du système de criblage pour tenir compte des graines de quinoa (ICBA, 2018).

Le rendement de quinoa varie de 500 à 1 000 kg / ha en fonction des précipitations, pouvant atteindre 4 000 kg / ha de semences et environ 10 tonnes de paille utilisée pour l'alimentation animale en utilisant des intrants agricoles tels que des engrais, des pesticides et des sols fertiles. (ICBA, 2018).

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

Avant d'utiliser le quinoa dans la consommation humaine ou animale, les grains sont soit lavés ou polis pour éliminer la saponine du péricarpe. Le polissage est fait à l'aide de machines de polissage du riz ou de blé.

La graine de quinoa entoure généralement une membrane savonneuse dure au goût amer, elle doit donc être trempée pendant toute la nuit et ensuite lavé jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun résidu de la substance savonneuse dans l'eau. Et puis séché et emballé sous forme de grain ou de mouture pour intervenir dans différentes industries de l'alimentation (ICBA, 2018).

1.8. Maladies

Les maladies comme la sclérotiniose (*Sclerotium rolfsii*), le mildiou (*Peronosporafarinososa*), le phoma (*Phoma exigua*), les taches foliaires (*Ascochyta hyalospora*), la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), (*Rhizoctonia*), la fusariose (*Fusarium*), la pourriture des semences et la fonte des semis (*Sclerotium rolfsii*, *Pythium zingiberum*), la pourriture brune de la tige (*Phoma exigua var. Foveata*) (Danielsen et al, 2003), les tâches foliaires (*Ascochyta hyalospora*) ou encore et une bactériose (*Pseudomonas* sp) causent de sérieux dégâts dans les pays d'origine d'Amérique du Sud, en Amérique du Nord et en Grande Bretagne. Toutefois, le mildiou reste la maladie qui attaque le plus le quinoa. Elle est caractérisée par la présence de lésions chlorotiques sur les surfaces supérieures des feuilles, avec un mycélium blanc ou pourpre sur les surfaces inférieures (VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

1.9. Insectes et ravageurs

Plusieurs insectes et ravageurs peuvent attaquer le quinoa du stade germination jusqu'à la récolte et le stockage des grains comme il est le cas du kconakona (*Scrobipalpus* sp.) qui est un petit insecte de l'ordre des lepidopteres (papillons) (VALENCIA-CHAMORRO, 2003).

Le quinoa est moins sensible aux attaques des oiseaux et aux parasites grâce à la saponine qui est considéré comme un moyen de protection contre ces attaques (TAPIA, 2000).

1.10. Mauvaises herbes

Quant aux mauvaises herbes, le contrôle de ces derniers 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 pré émergence sont les plus préconisés. Le

semis tardif favorise la compétition entre espèces et le semis précoce est par contre un moyen plus efficace pour lutter contre plusieurs espèces puisque la culture de quinoa est déjà bien établie à leur émergence (TAPIA *et al.*, 2000).

1.11. Variétés de quinoa

D'après CERCAM, 2014, les quinoas peuvent être divisés en cinq groupes de variétés répartis par zones d'adaptation écologique :

- Quinoas des vallées arides (Junin) et des vallées humides (Cajamarca) : les quinoas des vallées se distinguent entre ceux des cultures irriguées dans les vallées inter-andines (Urubamba au Pérou et Cochabamba en Bolivie) et ceux qui poussent dans des conditions pluviales au Pérou.
- Quinoas de l'Altiplano (blancs autour du lac Titicaca et colorés dans la zone agro-écologique de Suni) : Ces variétés sont cultivées dans des conditions climatiques se caractérisant par de faibles précipitations et des températures favorables (cas du lac Titicaca).
- Quinoa des déserts de sel (sud de la Bolivie) : Ce groupe des quinoas résistent à des conditions xérophytiques extrêmes. Ils réussissent à se développer en exploitant l'humidité des trous pratiqués pour les semis.
- Quinoas du niveau de la mer au Chili : Ces quinoas sont les mieux adaptés aux conditions humides avec des températures plus régulières.
- Quinoas de la zone agro-écologique Yunga et des sub tropiques (Bolivie) : Cette variété pousse à des altitudes comprises entre 1 500 m et 2 000 m dans la zone agro-écologique de Yunga en Bolivie.

1.12. Importance de la culture de quinoa (Utilisation et valeur nutritionnelle)

Du point de vue nutritionnel, le quinoa apporte autant d'énergie que les aliments utilisés de façon similaire, comme les haricots, le maïs, le riz ou le blé. Le quinoa est en outre une source importante de protéines de qualité, de fibres alimentaires, d'acides gras polyinsaturés et de sels minéraux. Toutefois, bien qu'il fournisse de nombreux nutriments en quantité non négligeable, il convient de l'intégrer à un repas équilibré comportant de nombreux autres types d'aliments afin de se nourrir convenablement (FAO, 2013).

Les graines de quinoa sont utilisées dans la fabrication de farine, de savon et de céréales pour le petit-déjeuner. La farine de quinoa peut être mélangée à la farine de blé ou de maïs pour la fabrication de biscuits, pain, couscous et autres aliments transformés. Les petites feuilles de quinoa sont utilisées dans les salades ou les aliments pour animaux. Les résidus de récolte servent à nourrir les animaux. Le savon est utilisé pour fabriquer certains produits cosmétiques et pharmaceutiques (ICBA, 2018).

1.13. Quinoa dans le monde

La FAO participe activement à la promotion et à l'évaluation de la culture du quinoa dans 26 pays extérieurs à la région andine, dans le but de renforcer la sécurité alimentaire et nutritionnelle.

L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'adaptabilité de géotypes de quinoa sélectionnés dans différents environnements en dehors de la région andine. Des évaluations sur le terrain ont été menées en 2013/2014 et 2014/2015 en Asie (Kirghizistan et Tadjikistan) et dans les pays du Proche-Orient et d'Afrique du Nord (Emirates, Yémen, Algérie, Égypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie et Yémen).

Dans chaque pays, les essais ont été menés dans différents endroits qui représentent globalement la diversité de 19 systèmes agraires dans différentes conditions agro-écologiques. Vingt et un géotypes de quinoa ont été testés en utilisant le même protocole expérimental dans tous les sites, consistant en un modèle de bloc complet randomisé (RCBD) avec trois réplicas. Certains géotypes ont présenté des rendements plus élevés et les races locales Q18 et Q12 ont

Chapitre 1. Généralités sur le quinoa

montré une meilleure adaptation que d'autres aux nouvelles conditions environnementales et ont été évaluées avec des rendements stables et satisfaisants ($> 1t.ha^{-1}$) sur chacun des sites d'essais.

Cette stabilité de la production revêt une importance considérable, en particulier dans l'incertitude du changement climatique. Bien que ces résultats suggèrent que cette culture andine est capable de pousser dans de nombreux environnements différents, des considérations sociales et culturelles demeurent cruciales quant à son éventuelle introduction en tant que nourriture de base dans les nouveaux systèmes de culture du monde (**RASMISSEN, 2016**).

1.14. Quinoa en Algérie

La culture de quinoa a été introduite en Algérie par FAO le 02/06/2014 dans le cadre d'un projet l'adaptation des cultures alternatives (**FAO, 2018**). L'introduction de la culture du quinoa en Algérie pourrait ouvrir ainsi des perspectives de développement et de hausse niveau de la sécurité alimentaire (**FAO, 2018**).

A ce terme, ce grand projet est réparti sous forme des essais au niveau des services agricoles région sahariens: ITDAS de Béchar, El Oued, Ouargla, Biskra... (**FAO, 2018**).

La plante en question s'adapte aux différents climats, elle résiste aux conditions climatiques extrêmes telles que la sécheresse, la pauvreté des sols et la salinité. La plante pourrait être utilisée dans la lutte contre la désertification (**FAO, 2018**).

Par ailleurs, en continuité de projet de coopération FAO-MADR portant sur l'assistance technique pour l'introduction du quinoa et appropriation/institutionnalisation de sa production en Algérie, Égypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et au Yémen (2013-2015) et dans le cadre de la valorisation des eaux conventionnelles et non conventionnelles en agriculture, une journée de démonstration sur la sulfure du Quinoa a été organisée le 16 Décembre 2015 au niveau de l'annexe El OUTAYA relevant de la ferme de démonstration et production des semences ITDAS de Ain ben Naoui Biskra (**ITDAS, 2019**).

Aujourd'hui, la culture de quinoa et sa production reste des points de charge de toutes les services agricoles en Algérie pour assurer les objectifs de projet (**FAO, 2018**).

1.15. Quinoa dans la région de Ouargla

Selon nos investigations et entretiens avec les techniciens de l'ITDAS, qui montre que, le quinoa a été introduite en 2014 dans la région de Ouargla par l'Institut Technique de Développement d'agriculture Saharienne à Hassi ben Abdallah (Notre station d'étude) sous forme des essais en plein champ.

A l'heure actuelle 17 géotypes de quinoa ont été introduites à la région de Ouargla. Les essais réalisés au niveau de la station de l'ITDAS ont porté sur la multiplication des semences, l'optimisation de l'irrigation de cette culture, le choix du meilleur date et dose de semis....etc. Toutefois, jusqu'à présent les résultats obtenus au niveau de la station n'ont été pas encore confirmés pour être publiés. En fait, il reste toujours des points d'interrogations posées sur les meilleures stratégies de production de cette culture capables d'assurer une productivité convenable et durable pour les populations sahariennes.

Chapitre 2.

Cadre physique de la région d'étude

2.1. Position de la région de l'étude Ouargla

La région de Ouargla s'étend sur une superficie de 163 238 km², elle est 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 à l'Ouest par la wilaya de Ghardaia. Les coordonnées géographiques de cette région sont : les longitudes 5°25' Est et les latitudes 31°55' et 32°00' (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

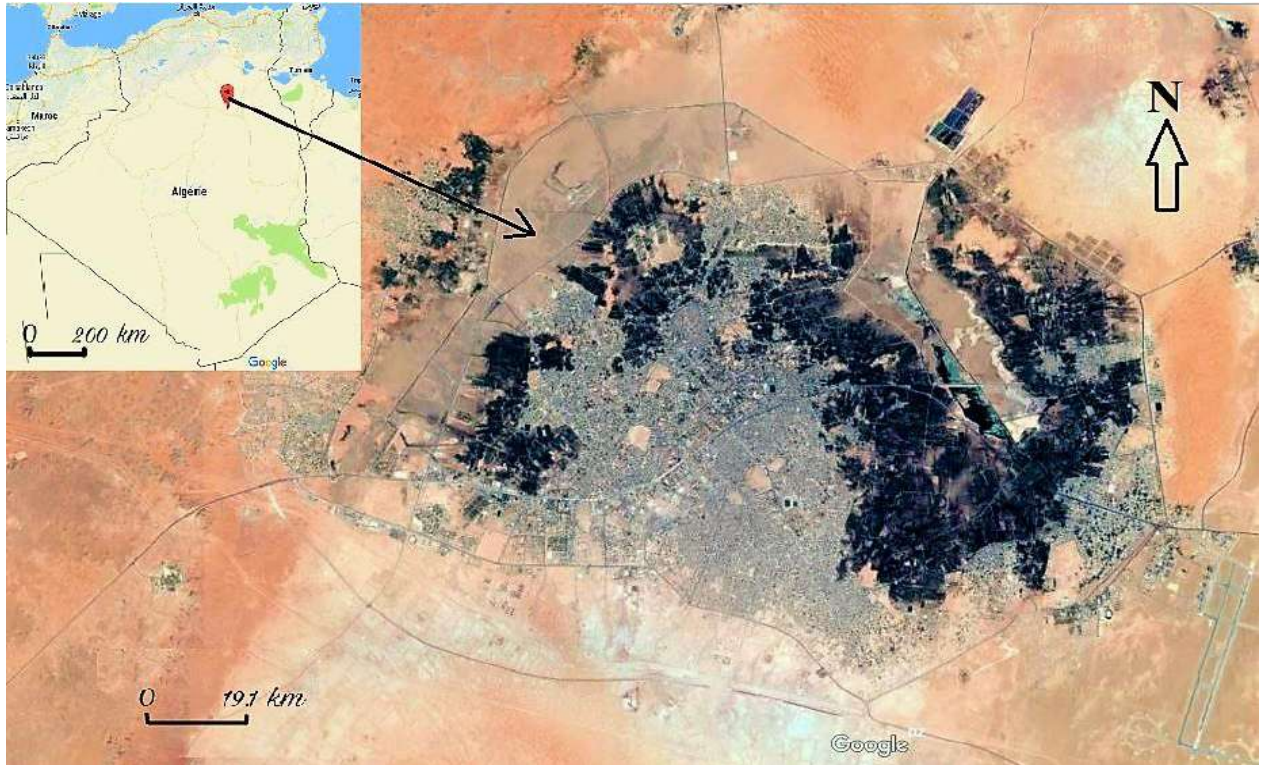


Figure 11. Situation géographique de la région d'étude (GOOGLE EARTH, 2019)

2.2. Contexte climatique

La région de Ouargla est caractérisée par un climat contrasté, bien exprimé par des précipitations rares et irrégulières et des températures élevées, une luminosité intense ainsi qu'une forte évaporation due à la sécheresse de l'air. L'amplitude thermique est importante entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver (NAJI, 2015) (Annexe 1).

2.3. Hydrologie

Le réseau hydrographique de la cuvette de Ouargla (Figure 22) est constitué essentiellement par l'oued M'ya, l'oued N'Sa et l'oued M'Zab (DPAT, 2010).

D'après DUBIEF(1953), le bassin de l'oued M'ya s'étend sur 19800 Km², le cours d'eau considéré comme fossile. L'Oued N'Sa et l'oued M'Zab sont fonctionnels à l'inverse de l'oued M'ya, ils peuvent avoir une ou deux crues par an. Ils n'atteignent la cuvette de Ouargla sebkhat Safioune, que lorsque la crue est importante

2.4. Hydrogéologie

Les eaux souterraines représentent le principal patrimoine hydrique de la région du Ouargla. Elles sont constituées de 04 nappes différentes (ANRH, 1998).

2.4.1. Nappe phréatique

Avec une profondeur qui varie entre 1 et 8 mètres selon les zones et les saisons parfois elle affleure à la surface. Elle s'écoule du sud vers le nord selon la pente de la vallée de l'oued M'ya. Cette nappe est la principale source pour la palmeraie bours (non irriguée) mais elle n'est pas exploitée car ses eaux présentent une forte salinité (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

2.4.2. Nappe du miophiocène

Elle appartient à l'aquifère du complexe terminal, elle s'écoule du sud-ouest vers le nord et du nord-est en direction du chott MELRHIR. La température de ses eaux est de l'ordre de 23 à 25° avec une salinité variant de 1,89 à 4.60 g/l pour une profondeur de 60 à 200 m. son exploitation est très ancienne et elle est la plus exploitée à Ouargla (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

2.4.3. Nappe sénonienne

Elle fait partie de l'aquifère précédent, l'exploitation de cette nappe est de 20% voir 25% ses eaux en surface atteignent une température d'environ 30% (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

2.4.4. Nappe albienne

Cette nappe est contenue dans les argiles sableuses et les grès continentaux intercalaires. Elle est située entre 1120 et 1800 m de profondeur avec un écoulement général du sud vers le nord. Les eaux de l'albienne sont beaucoup plus chaudes avec une température de l'ordre de 56 C° et une faible teneur en sel variant entre 1,7 à 2 g/l (**ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975**).

2.5. Pédologie

La région d'étude est caractérisée par des sols légers, à prédominance sableuse et à structure particulière. Elle est caractérisée également par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une faible activité biologique et une forte salinité (**HALILAT, 1993**).

Les sols de Ouargla dérivent du grès argile quartzeux du Mio-pliocène non gypseux. Ils sont constitués de sable quartzeux. Dans l'ensemble des sols, les squelettes sableux sont très abondants, constitué en quasi-totalité par du quartz. La couleur devient moins rouge et l'épaisseur de la pellicule diminue dans les sols en aval en particulier dans les dunes. Sur les sols de la dépression la masse basale argileuse présente un aspect poussiéreux (**HAMDIAISSA, 2001**).

Partie 2.

Partie expérimentale

Chapitre 3.

Matériel et méthodes

3.1. Approche méthodologique

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de la date de semis sur certains paramètres de croissance végétative et de rendement de la plante de quinoa. Pour ce faire, nous avons adopté la démarche méthodologique suivante (Figure 12):

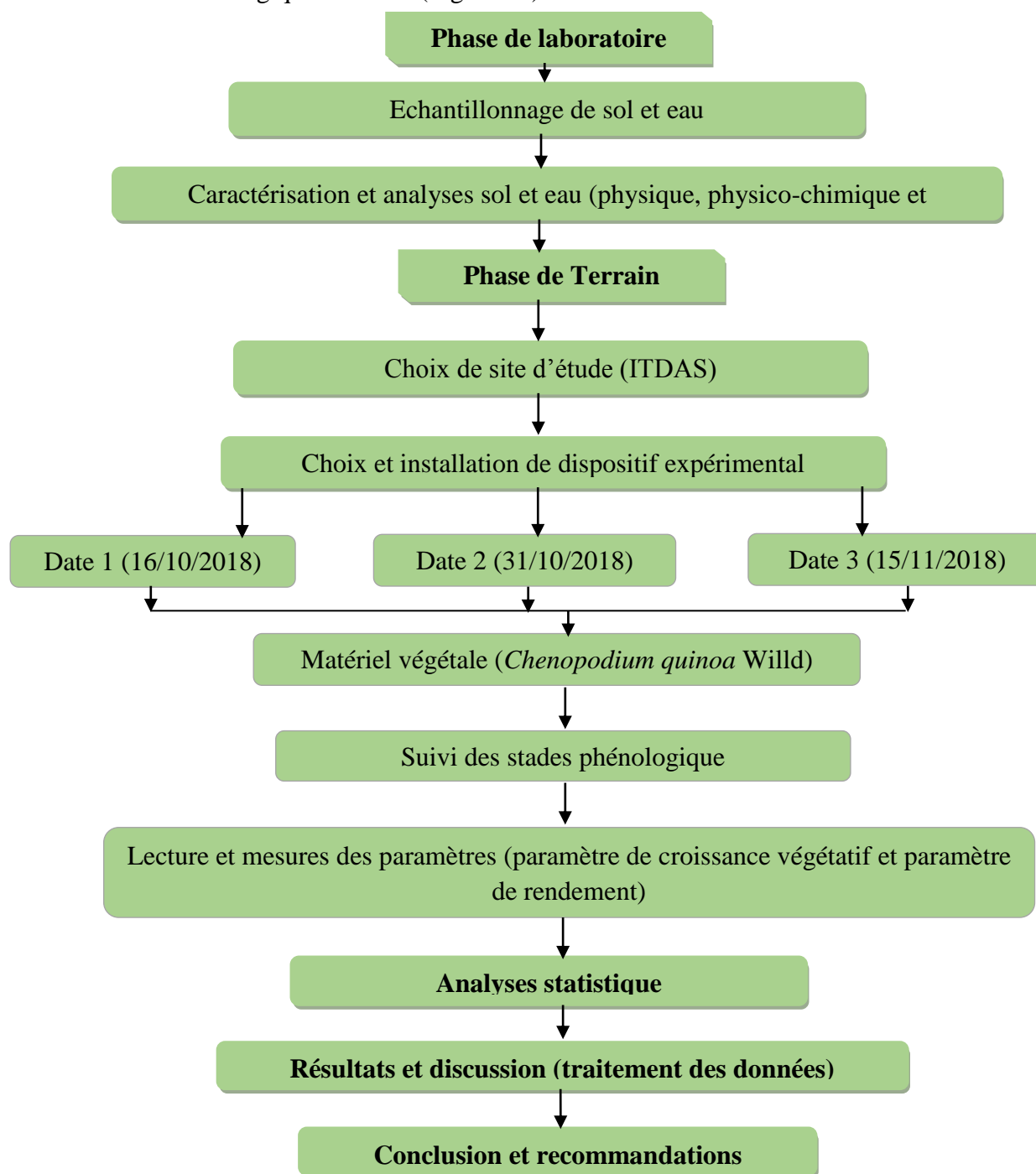


Figure 12. Méthodologie de travail

La démarche que nous avons adoptée au cours de cette recherche débute par une phase de prospection qui correspond à une phase préliminaire de constatation du terrain, au cours de laquelle nous avons choisi la station de l'ITDAS de Hassi ben Abdallah comme site d'étude.

3.1.1. Choix de station d'étude

Le choix de la station d'étude a été basé sur les points suivants :

- ✓ Un site où la culture de quinoa est déjà pratiquée.
- ✓ L'existence d'une convention de collaboration entre l'université et la station ITDAS de Hassi ben Abdallah, donc l'accessibilité facile à cette exploitation.
- ✓ Les travaux dans le cadre du projet (la production de quinoa sous différentes dates de semis).

3.1.2. Présentation de station d'étude

La commune de Hassi ben Abdallah (Figure 13), se situe dans la Dîara de Sidi Khouiled. Le chef-lieu de la commune est distant d'une vingtaine de km de la ville de Ouargla, près de l'intersection de la route reliant Ouargla à Touggourt avec celle reliant Ouargla à Hassi Messaoud (BOUAMMAR, 2010).



Figure 13. Localisation la station d'étude (GOOGLE EARTH, 2019)

La superficie totale de la commune est estimée à 3 060 Km². Sa superficie agricole est estimée à 30 606 ha dont 13 936 ha destinée à la mise en valeur agricole. La superficie attribuée dans le cadre de la mise en valeur était estimée par la Direction des Services Agricole de Ouargla à 2963 ha en 1996 et à 3601 ha en 1998 et 3658 en 2006 (BOUAMMAR, 2010).

3.1.3. Site d'étude (ITDAS)

Notre expérimentation a eu lieu au niveau de la station de l'Institut Technique de développement de l'Agronomie Saharienne (I.T.D.A.S.) de Hassi Ben Abdallah, situé dans le secteur Sud- Est de la palmeraie de Hassi ben Abdallah à 26 Km du chef-lieu de la wilaya d'Ouargla, avec une altitude de 156 m de 32° 02' 0.487" N latitude de nord, longitude de 5° 28' 32.34" E et avec une superficie de 21 ha (ITDAS, 2019).

3.1.4. Climat

Les facteurs climatiques caractérisant la région de l'étude au cours de l'année de la mise en culture et incluant la période de cycle végétatif de notre plante sont présentés dans l'annexe 2.

L'analyse de ces données indique que la température la plus faible est enregistrée au mois de Janvier avec **3.80 °C**, alors que la plus élevée est enregistrée au mois de Mai avec **33.84 °C**. Quant à la température moyenne enregistrée est de **17.91 °C**.

L'humidité moyenne, la force maximale du vent, le cumul de précipitation, le cumul d'évaporation et le cumul d'insolation pour l'année de la mise en culture sont de **40.64 %**, **9.45 km/h**, **21.73mm**, **1524.20 mm**, **2117.30** heures respectivement pour la même période (Annexe2)

3.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté pour notre expérimentation est le bloc aléatoire complet avec trois répétitions. La superficie totale de l'essai est de **221 m²**, composé de 3 traitements **D1**, **D2**, **D3** qui correspondent respectivement aux trois dates de semis : le **16, 31 Octobre** et le **15 Novembre**. Chaque parcelle élémentaire est de **6 m²** est une répétition dans tous les traitements, d'où ce dernier a une superficie de **65 m²**. Les trois traitements sont séparés entre eux d'une distance de 1 m et cultivé en une alternance de deux variété de quinoa : **Gizza1** et **Q102** (Figure 14).

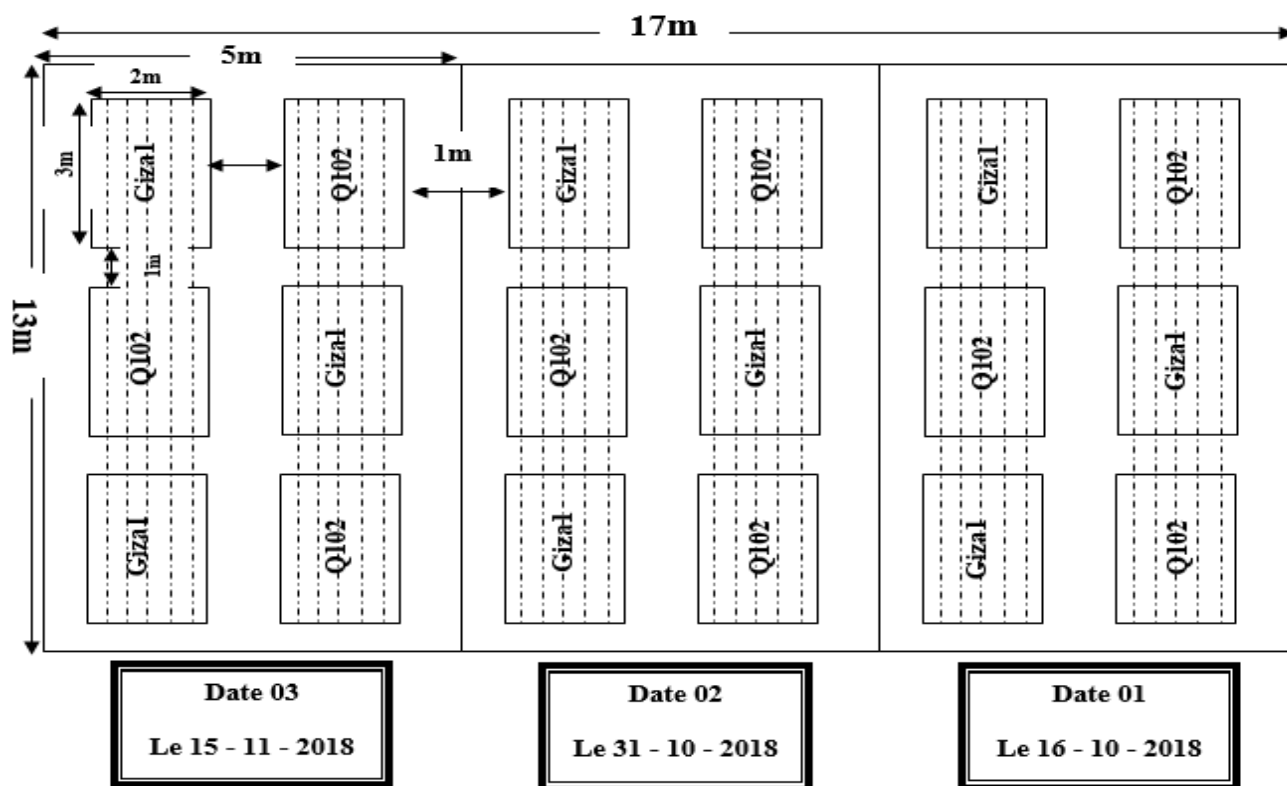


Figure 14. Dispositif expérimental

3.3. Matériel et méthodes utilisés

3.3.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans le cadre de cette étude est présenté par la plante de quinoa « *Chenopodium quinoa* Willd ». Quant aux génotypes utilisés, nous avons choisi deux génotypes : le Q102 (*Amarilla sacaca*) et la Giza1 (Photos 1,2). Il est à signaler que les semences des deux génotypes sont produites localement au niveau de la station d'étude.



Photo 1. Génotype Gizza1



Photo 2. Génotype Q102

3.3.2. Conduite de la culture

Le précédent cultural de notre culture était la culture de blé.

3.3.2.1. Préparation de sol

Un labour profond de 30 cm a été effectué avec une charrue à soc le mois d'Aout, il a été suivi par un travail de reprise le mois d'Octobre.

3.3.2.2. Fertilisation

Les fumures utilisées sont :

- a. Une fumure de fond réalisé par deux types d'engrais :
 - Deux qx par ha de NPK (O.20.25)
 - Un qx /ha de TSP 46%
- b. Une fumure d'entretien réalisé par un engrais azoté (Urée):
 - 92 unités / ha d'azote(Urée). L'apport de l'azote a été fractionné en six périodes (17 kg /ha d'urée/ période) :
 - ✓ Stade Deux feuilles vraies
 - ✓ Stade Six feuilles vraies
 - ✓ Stade Ramification
 - ✓ Stade Début de formation de la panicule
 - ✓ Stade panicule
 - ✓ Stade Grain laiteux

3.3.2.3. Test de germination

Avant le semis des grains, on a testé le taux de germination de notre matériel végétal présenté par les deux génotypes de quinoa (Giza1 et Q102) par un test de germination effectué au laboratoire dans des boîtes de pétri contenant **25 grains** pour chaque génotype. Ainsi, après la préparation des boîtes, et l'imbibition des grains avec l'eau distillée, les échantillons ont été déposés dans un phytotron à une température de **25°C**. Il est à signaler que l'essai de germination a été réalisé en trois répétitions.

3.3.2.4. Semis

Le semis a été réalisé manuellement en trois dates différentes : le 16/10/2018, 31/10/2018 et le 15/11/2018 à raison de **4 à 5 grains** par poquet et à une profondeur de **1 à 2 cm**. L'écartement entre lignes et entre plants est de **40** et **20 cm** respectivement. La densité de semis est de **75 grains/m²** soit **2qx/ha** (Photos 3)



Photo 3. Le semis

3.3.2.5. Irrigation

La nappe utilisée dans l'irrigation et celle de complexe intercalaire (l'Albien). Cette aquifère est caractérisée par une forte température qui peut atteindre 58°C, ce qui exige le refroidissement de l'eau dans des bassins de refroidissement avant son utilisation.

L'irrigation des parcelles a été réalisée par un système d'irrigation localisée (goutte à goutte) avec une fréquence de **15 minutes** chaque trois jours soit **4.68 mm** par traitement. Le débit de la nappe est **0.8 l/s**.

3.3.2.6. Désherbage

Le désherbage a été réalisé manuellement. Parmi les mauvaises herbes observées au niveau de nos parcelles on cite :

- ✓ Blé dure (*Triticum durum*)
- ✓ Gazon kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)
- ✓ *Sisymbrium irio*
- ✓ Chénopode blanc (*Chenopodium album* L)

3.3.2.7. Traitements phytosanitaires

Notre culture a été attaquée par nombreuses insectes généralement ceux appartenant à la classe des **coléoptères**, **hémiptères** (punaises) et des **hyménoptères** (fourmis).

3.3.2.8. Suivi de quelques stades phénologiques

Le suivi des stades phénologiques se fait par la détermination du paramètre étudié sur superficie de 1m² (Méthode de tirage au sort). Parmi les stades que nous avons suivi: la levée, stade 2 feuilles, stade ramification, stade début de formation panicule, stade panicule, stade début floraison, stade floraison et stade maturation physiologique.

3.4. Echantillonnage

3.4.1. Sol

Avant le semis, un échantillonnage du sol s'est réalisé d'une manière aléatoire à l'aide d'une tarière pédologique (**MATHIEU et PIELTAIN, 2003**). Il s'agit de creuser six (06) sondages à la tarière dans différent emplacement de la parcelle d'étude, et à 02 niveaux de profondeur: 0 - 20 cm, 20 - 40 cm (suivant l'enracinement de la culture) (Photo 4). Les échantillons ont été séchés à l'air libre et tamisés à 2mm pour être analysés au laboratoire.



Photo 4. Echantillonnage du sol

3.4.2. Eau d'irrigation

La caractérisation de quelques paramètres de la qualité de l'eau a été réalisée sur un échantillon représentatif de l'eau utilisé pour l'irrigation au niveau de la station d'étude, et ceci, à l'aide un multi paramètres de terrain. Les paramètres mesurés sont : la température, le pH et la conductivité électrique (Photo 5)



Photo 5. Echantillonnage de l'eau d'irrigation

3.5. Analyse au laboratoire

Les échantillons du sol et de l'eau d'irrigation ont fait l'objet des analyses physiques et physico-chimiques, dans les laboratoires des travaux publics du Sud (LTPS) et le laboratoire pédagogique de pédologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Ouargla. Quelques analyses ont été réalisées au niveau de l'Institut Technique de développement d'agronomie Saharienne (ITDAS) de Ouargla. Les paramètres analysés sont:

3.5.1. Analyse physique

3.5.1.1. Granulométrie

À l'aide d'une tamiseuse électrique (Photo 6), nous avons défini la répartition des différentes particules de 100 g de sol sur une série des tamis de différents diamètres (2000 μm , 1000 μm , 200 μm , 125 μm , 100 μm , 45 μm) (MATHIEU et PIELTIN, 2003).



Photo 6. Tamisage de l'échantillon du sol

3.5.2. Physico-chimique

3.5.2.1. pH

Le pH du sol est mesuré sur un extrait 1/2.5 de sol à l'aide d'un pH mètre (MATHIEU et PIELTIN, 2003)(Photo7).



Photo 7. Préparation d'extrait du sol (1/2.5)

3.5.2.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique a été mesurée sur un extrait 1/5 de sol à l'aide d'un conductimètre à 25C°(MATHIEU et PIELTAIN, 2003) (Photos 8).



Photo 8. Préparation d'extrait du sol (1/5)

3.5.3. Analyse chimique

3.5.3.1. Dosage du calcaire total

Le dosage du calcaire total a été réalisé par la méthode de titrimétrie qui se base sur le titrage d'HCl solubilisé dans notre sol par le NaOH (MATHIEU et PIELTAIN, 2003) (Photo 9)



Photo 9. Dosage du calcaire total

3.5.3.2. Dosage du Gypse

Le dosage du Gypse a été réalisé par la méthode de calcination au four. Le gypse est solubilisé dans l'HCl 10%. Puis les sulfates sont précipités sous forme de sulfates de baryum par l'addition de BaCl_2 5%, le précipité pesé ensuite après calcination du papier-filtre dans le four à moufle à 900°C (Photo 10) (BAIZE, 2000).



Photo 10. Dosage de gypse (Méthode de calcination au four à moufle)

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

A la fin de cycle de vie de notre plante, nous avons mesuré quelques paramètres liés à la croissance végétative et ceux de rendement. Les mesures ont été réalisées sur un échantillon de dix plants par mètre carré choisis aléatoirement.

3.6.1. Paramètres de croissance végétative

Les paramètres de la croissance végétale mesurés sont : nombre des plants levés par mètre carré, nombre total de plants par mètre carré, poids total des plants par mètre carré, Hauteur des plants, nombre de ramification, Poids moyen par plant, couleur de panicule et forme de panicule.

3.6.2. Paramètres de rendement

Les paramètres de rendement mesurés sont : Nombre de panicule secondaire, poids de panicule principale, poids de 1000 grains et poids total des grains.

3.6.3. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été évalués au moyen d'une analyse de variance (ANOVA), en utilisant le logiciel (XLSTAT).

Chapitre 4.

Résultats et discussion

4.1. Test de germination

Les deux génotypes de quinoa ont présenté des taux de germination très élevés. En fait, nous avons enregistré après 24 heures des taux de germination de 97.33 et 100 % respectivement pour les deux génotypes « Q102 » et « Gizza1 ». Ces taux s'élèvent à 100% pour les deux génotypes après 48 heures (Tableau 5).

Tableau 5. Taux de germination de matériel végétal

Génotype Taux de germination	Après 24 heures	Après 48 heures
Q102	100 %	100 %
Gizza1	97.33 %	100 %

4.2. Caractérisation du sol

La caractérisation analytique de notre matériel pédologique (Tableau 6), nous a permis de constater que notre sol est caractérisé par texture à dominance sableuse, un pH basique et une faible salinité. D'après l'échelle de classification des sols (AUBERT, 1978 ; SOLTNER, 1989) ; ce sol est classé comme un sol très alcalin et peu salé. Quant à sa teneur en calcaire et en gypse, il est classé comme un sol modérément calcaire et légèrement gypseux selon la classification de (BAIZE, 2000) et (BARZANJI, 1973 in FEKIH, 2013).

Tableau 6. Caractérisation physique, physico-chimique et chimique du sol

Profondeur (cm) Caractère	Caractères physiques				Caractères physico-chimiques		Caractères chimiques	
	Granulométrie (%)				pH (1/2.5)	Conductivité électrique (CE 1/5) (dS/m)	Calcaire (%)	Gypse (%)
	Sable grossier	Sable moyen	Sable fin	Limon + Argile				
0 – 20	82.5%	10.7%	3.9%	0.7%	8.06	0.95	11%	1.658
20 - 40	90%	5.9%	1.9%	2.2%	8.06	0.79	17%	1.658

Selon FAO, 2015 le quinoa s'adapte bien dans le sol **sableux**.

Chapitre 4. Résultats et discussion

Selon **Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, (2005)**, le quinoa est cultivée à de sol **très acides (pH= 4.8)** à sol **alcalin (pH= 8.5)** et le quinoa caractérisé par son adaptation dans les **sol salin**.

De ce point de vue, nous constatons que, notre sol ne pose aucun problème sur le développement et la croissance de quinoa.

4.3. Caractérisation physico-chimique de l'eau d'irrigation

4.3.1. Caractérisation physico-chimique

L'eau utilisée pour l'irrigation est caractérisée par pH alcalin et une faible salinité (CE) de **2.7 dS/m** (Tableau 7). D'après la classification des eaux d'irrigation (**HEBERT, 1997**), cette eau appartient à la classe « **A** » et montre de ce faite, un faible risque de salinité.

Tableau 7.Caractérisation physico-chimique d'eau d'irrigation

Echantillon / Paramètre	pH	Conductivité électrique (dS/m)
Eau d'irrigation	8.40	2.7

D'après **FAO, 2015**, l'eau d'irrigation salé n'a aucun effet sur la culture de quinoa ce qui correspond à ce que nous avons obtenu dans nos résultats.

4.4. Suivi de quelques stades phénologiques

Avant de commenter les résultats relatifs aux stades phénologiques des deux génotypes de quinoa étudiés dans le cadre de notre essai, on doit signaler que pour le génotype « Q102 », la récolte a été effectuée après la maturation physiologique de la plante le 15/04/2019, 29/04/2019 et le 05/05/2019, respectivement pour la date 1, date 2 et date 3.

Quant au génotype « Gizza1 », la récolte a eu lieu le 15/04/2019 seulement pour la troisième date et ceci en raison de l'arrêt de développement de ce génotype à un stade précoce de son développement à cause des conditions climatiques.

4.4.1. Suivi des stades de première date (le 16 – 10 – 2018) (Tableau 8)

Pour la première date de semis, la levée a eu lieu au 7^{ème} jour après semis, alors que, l'apparition de deux feuilles vraies a été observée 20 jours après le semis. Ces constatations

Chapitre 4. Résultats et discussion

rejoignent ceux de **MUJICA et CANAHUA (1989)**, qui ont signalé que la levée des plantules de quinoa et l'apparition des deux feuilles vraies auront lieu au (7 à 10 jours) et (15 à 20 jours) après semis, respectivement pour les deux stades pour les deux génotypes.

D'après **MUJICA et CANAHUA (1989)**, la plante rentre au stade ramification 45 à 50 jours après semis et l'inflorescence commence à apparaître à l'apex de la plante au bout de 55 à 60 jours de semis, ce qui est n'est pas en concordance avec nos observations. En fait, pour notre cas, le stade ramification a été observé 26 jours après semis et le début formation panicule après 42 jours de semis pour les deux génotypes.

Par ailleurs, **MUJICA et CANAHUA (1989)** indiquent que la formation complète des panicules de quinoa se fait après 65 à 70 jours après le semis, l'apparition des fleurs eu lieu après 75 à 80 jours de semis, l'ouverture de 50% des fleurs s'observe après 90 à 100 jours de semis. Ces durées sont totalement différentes de celles enregistrées par notre essai.

En fait, les nombres de jours enregistrés dans notre cas sont 98 jours pour les deux génotypes, 104 jours et 132 jours pour le génotype Q102, respectivement pour les trois stades de croissance végétative de quinoa. Le génotype Gizza1 arrête son développement au stade panicule et mourir, ce qui peut être due au changement climatique (le froid) dans cette période.

En revanche, pour le dernier stade phénologique qui correspond au stade maturité physiologique, on remarque que la plante accélère un peu son cycle et atteint le stade maturation physiologique après 182 jours de semis. Ces constatations se rapprochent de ceux de **MUJICA et CANAHUA (1989)** pour le même stade phénologique. Ces auteurs ont indiqué que la maturité physiologique de quinoa aura lieu au bout de 160 à 180^{ème} jours après semis.

4.4.2. Suivi des stades de deuxième date (le 31 – 10 – 2018) (Tableau 8)

Pour la deuxième date de semis, la levée des plants a eu lieu 5 jours après semis. L'apparition complète de deux feuilles vraies a été remarquée au 11^{ème} jour après le semis. La ramification des feuilles sur la tige des plants pour les deux génotypes a été observée après 31^{ème} jours de semis.

Le début de formation de panicule a été observé 48 et 56^{ème} jours après le semis pour les génotypes « Gizza1 » et « Q102 ». Ces constatations sont en accord avec ceux de **MUJICA et CANAHUA (1989)** seulement pour le génotype « Q102 ». Alors qu'elles, sont considérées comme des dates tardives par rapport au génotype « Gizza1 », qui s'est montré plus précoce pour ce stade phénologique.

La formation complète de la panicule a été observée après 94 et 101^{ème} jours après semis respectivement pour les deux génotypes « Q102 » et « Gizza1 ».

Le début de formation des fleurs a eu lieu le 111^{ème} jour après semis pour les deux génotypes « Q102 » et « Gizza1 ». Alors que, l'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence a été observé 115 et 121^{ème} jours après semis pour le génotype « Gizza1 » et « Q102 » respectivement.

La maturité physiologique de la plante pour le génotype Q102 a eu lieu 187^{ème} jours après semis, toutefois, nous avons remarqué la mort de génotype « Gizza1 » à ce stade de développement.

4.4.3. Suivi des stades de troisième date (le 15 – 11 – 2018) (Tableau 8)

Pour la troisième date de semis, la sortie des plantules, l'apparition complète des deux feuilles et le stade ramification ont eu lieu le 4, 12 et 41^{ème} jours après semis respectivement pour ces trois stades pour les deux génotypes. Ces durées semblent être plus précoces par rapport à celles enregistrées par **MUJICA et CANAHUA (1989)**.

L'apparition de panicule a été observée après 78 et 80^{ème} jours après semis pour le génotype « Q102 » et « Gizza1 » respectivement. Quant à la formation complète de la panicule, elle a été observée après 107 et 97^{ème} jours après semis respectivement pour les deux génotypes « Q102 » et « Gizza1 ». Le début de formations des fleurs a lieu au 115 et 101^{ème} jours après semis, respectivement pour les deux génotypes « Q102 » et « Gizza1 ».

Chapitre 4. Résultats et discussion

L'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence a été observé après 120^{ème} jours après semis pour le génotype « Gizza1 » et 137^{ème} jours de semis pour le génotype « Q102 ». Comparativement aux travaux de **MUJICA et CANAHUA (1989)**, nos plants enregistrent un retard de croissance pour ce stade de cycle végétatif de quinoa pour les des deux génotypes.

La maturité physiologique pour le génotype « Gizza1 » a été observée au 151^{ème} jour après semis, en enregistrant un retard de 10 jours par rapport à l'observation de **MUJICA et CANAHUA (1989)**.

Quant au génotype « Q102 », il n'a pas pu atteindre ce stade physiologique. En fait, nous avons signalé une stérilité complète des fleurs de ce génotype, ce qui peut être due aux conditions climatiques et/ou aux caractères variétaux de ce génotype.

Tableau 8. Suivi des stades phénologiques et comptage des jours

Date / Stade	Date 1		Date 2		Date 3	
	Q102	Gizza1	Q102	Gizza1	Q102	Gizza1
Semis	16/10/2018	16/10/2018	31/10/2018	31/10/2018	15/11/2018	15/11/2018
Levée	23/10/2018	23/10/2018	05/11/2018	05/11/2018	19/11/2018	19/11/2018
Deux feuilles	05/11/2018	05/11/2018	11/11/2018	11/11/2018	27/11/2018	27/11/2018
Ramification	11/11/2018	11/11/2018	01/12/2018	01/12/2018	26/12/2018	26/12/2018
Début formation panicule	27/11/2018	27/11/2018	26/12/2018	18/12/2018	01/02/2019	03/02/2019
Panicule	22/01/2019	22/01/2019	11/02/2019	09/02/2019	02/03/2019	20/02/2019
Début de floraison	28/01/2019	/	17/02/2019	19/02/2019	12/03/2019	24/02/2019
Floraison	24/02/2019	/	10/03/2019	05/03/2019	03/04/2019	15/03/2019
Maturité physiologique	15/04/2019	/	05/05/2019	/	/	15/04/2019
Nombre de jours	182 jours	/	187 jours	/	/	151 jours

Chapitre 4. Résultats et discussion

À la lumière de ces observations et du suivi des stades phénologiques des plants de quinoa le long de leur cycle végétatif, nous constatons qu'il y a une différence notable entre les trois dates de semis pour le génotype « Q102 ». En fait, on note qu'il y'a une différence de 5 jours entre la première date (le 16 – 10 – 2018) qui arrive au stade de maturité 182^{ème} jours après le semis et la deuxième date (le 31 – 10 – 2018) qui arrive au stade de maturité après 187^{ème} jours après le semis .

Ces constatations nous permettent de conclure que la meilleure date de semis pour le génotype *Amarilla sacaca* « Q102 » est la première date (le 16 – 10 – 2018). En revanche, la troisième date est considérée comme une date non convenable pour le semis de ce génotype sous nos conditions expérimentales. En fait, cette date de semis ne permet pas à la plante d'atteindre le stade de maturité et les fleurs restent stériles.

Pour le génotype « Gizza1 » la meilleure date sous nos conditions expérimentales est la troisième date (15 – 11 - 2018). En fait, cette dernière, c'est la seule date qui a permis à la plante d'arriver au stade maturité physiologique.

Le retard de croissance signalé au niveau de ces stades de cycle végétatif de nos plants peut être lié au froid observé au cours de cette période, ce qui a retardé la croissance végétative de nos plants.

Par ailleurs, la comparaison de comportement variétal de ces deux génotypes et leurs réponses aux conditions écologiques de la région d'étude, nous permet de conclure que le meilleur génotype sous nos conditions expérimentales est *Amarilla sacaca* « Q102 », puisqu'il résiste mieux que le génotype « Gizza1 » et peut être cultivé aux première et deuxième dates de semis, ce qui est n'est pas le cas pour génotype « Gizza1 » qui peut atteindre la maturité physiologique seulement, s'il a été semis au troisième date de semis.

4.5. Paramètres étudiés

Ces paramètres n'ont pas pu être pris en considération pour le génotype « Gizza1 » à cause de la mort des plants de ce génotype avant de leur arrivée au stade récolte.

4.5.1. Paramètres liés à la croissance végétative

4.5.1.1. Nombre de plants levés par m²

L'analyse de la variance relative au nombre de plants levés par mètre carré indique des différences **très hautement significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 9). Le test de Fisher : comparaison entre les catégories avec confiance intervalle de 95% montre deux **groupes homogènes A** présentés par la troisième date de semis, avec **65** plants par m² et la date 2 avec **59** plants et **groupe B** présenté par la date 1 avec **35** plants par m² (Figure 15).

Tableau 9. Analyse de la variance (N.P.L/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	1512,000	756,000	56,700	0,000	T.H.S
Erreur	6	80.000	13.333			
Corrigé Total	8	1592.000				

➤ **T.H.S** : Très hautement significatif

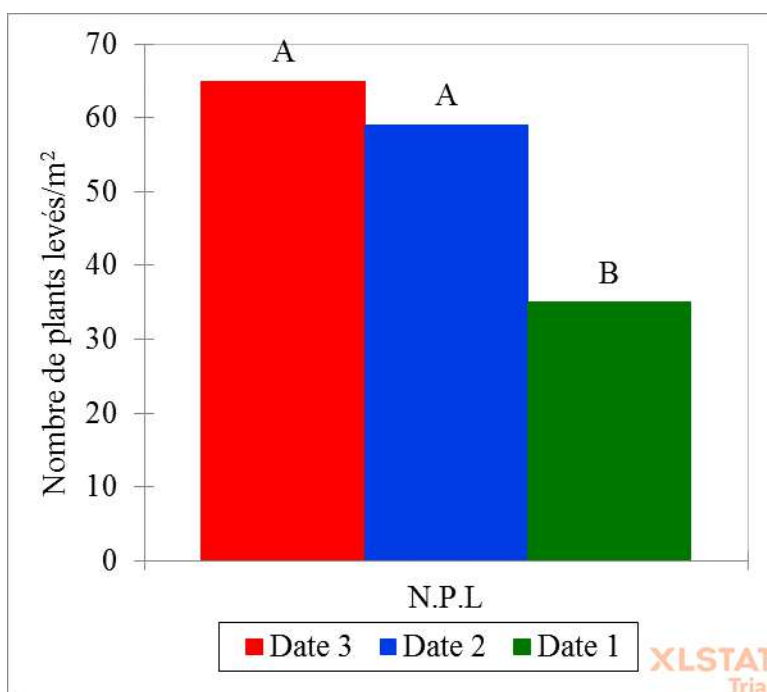


Figure 15. Variation de nombre de plants levés/m² en fonction de la date de semis

4.5.1.2. Nombre total des plants par mètre carré

L'analyse de la variance relative au nombre totale des plants par mètre carré indique des différences **non significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 10). Le nombre le plus élevée des plants par mètre carré a été enregistré à la deuxième date de semis, avec **37.66** plants par m², suivi par la date 3 avec **35.66** plants et enfin la date 1 avec **14** plants par m² (Figure 16).

Tableau 10. Analyse de la variance (N.T.P/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	1033,556	516,778	3,192	0,114	N.S
Erreur	6	971.333	161.889			
Corrigé Total	8	2004.889				

N.S : Non significatif

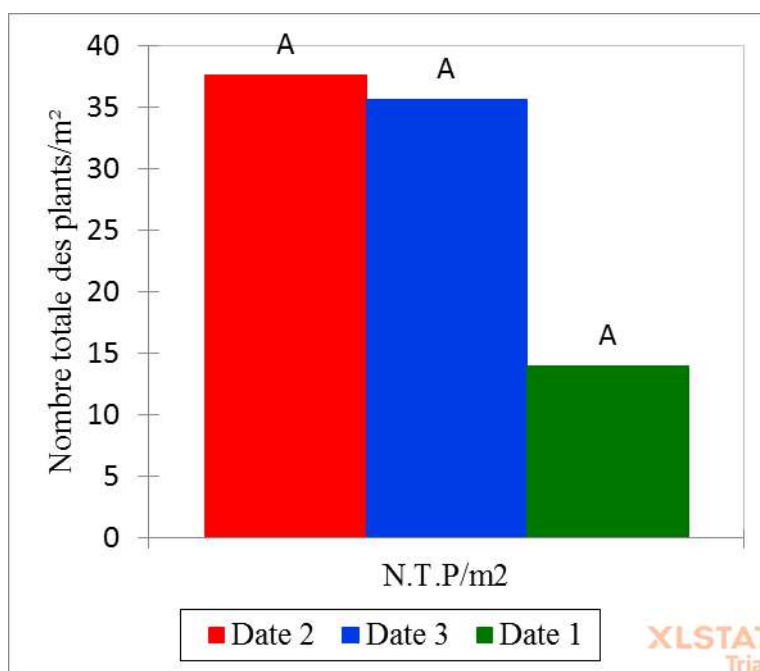


Figure 16. Variation de nombre total des plants/m² en fonction de la date de semis

4.5.1.3. Poids total des plants par mètre carré

L'analyse de la variance relative au poids total des plants par mètre carré indique des différences **très hautement significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 11). Le teste de Fisher : comparaison entre les catégories avec confiance intervalle de 95% montre trois **groupes homogènes A** présenté par la troisième date de semis, avec **4.545 kg**, **groupe B** présenté par la date 2 avec **2.668 kg** et **groupe C** présenté par la date 1 avec **0.858 kg** (Figure 17).

Tableau 11. .Analyse de la variance (P.T.P/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	20,389	10,195	75,221	<0.0001	T.H.S
Erreur	6	0.813	0.136			
Corrigé Total	8	21.203				

T.H.S : Très hautement significatif

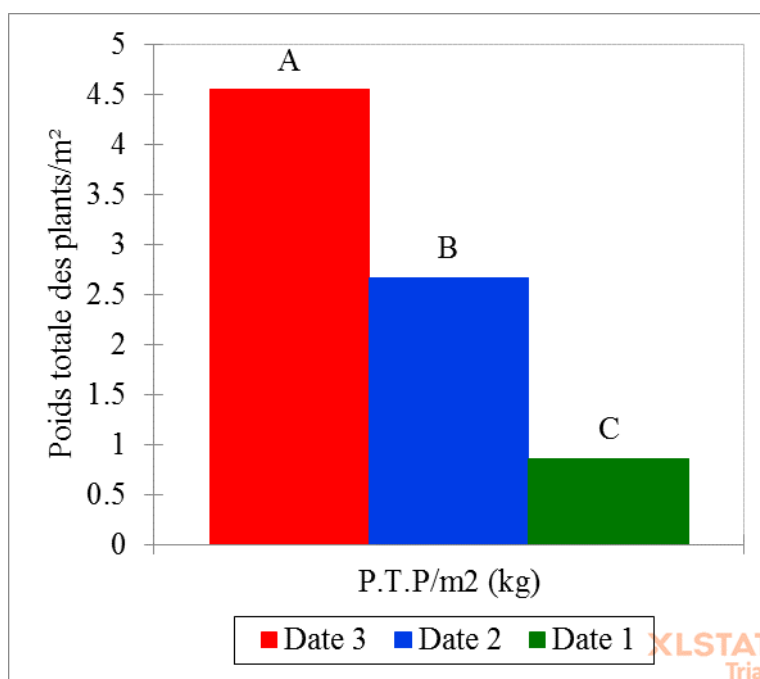


Figure 17. Variation de poids total des plants/m² en fonction de la date de semis

4.5.1.4. Hauteur des plants au stade panicule

L'analyse de la variance relative à la hauteur des plants indique des différences **non significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 12). La hauteur la plus élevée de plants a été enregistré à la deuxième date de semis, avec **110.7 cm**, suivi par la date 1 avec **108.44 cm** et enfin la date 3 avec **102.4 cm** (Figure 18).

Tableau 12. Analyse de la variance (Hauteur / plant)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	366,752	183,376	3,021	0,066	N.S
Erreur	26	1578.156	60.698			
Corrigé Total	28	1944.908				

N.S : Non significatif

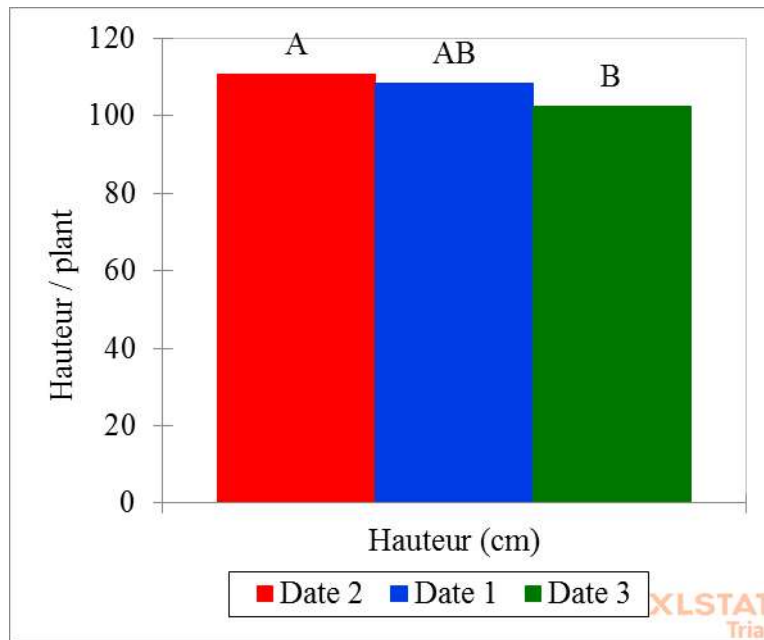


Figure 18. Variation de la hauteur des plants en fonction de la date de semis

4.5.1.5. Nombre de ramifications herbacées par plant

L'analyse de la variance relative au nombre de ramification herbacée par plant indique des différences **non significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 13). Le nombre le plus élevée de ramification herbacée a été enregistré à la première date de semis, avec **60.83** ramifications, suivi par la date 2 avec **55.45** ramifications et enfin la date 3 avec **40.77** ramifications (Figure 19).

Tableau 13. Analyse de la variance (N.Ramif)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	2016,417	1008,209	2,923	0,072	N.S
Erreur	26	8966.681	344.872			
Corrigé Total	28	10983.098				

N.S : Non significatif

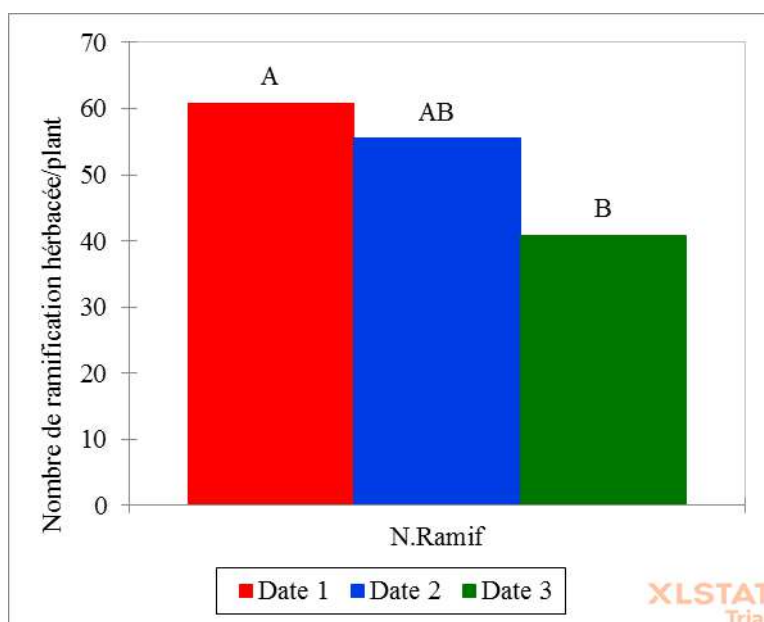


Figure 19. Variation de nombre de ramification herbacée en fonction de la date de semis

4.5.1.6. Poids moyen par plant

L'analyse de la variance relative au poids moyen par plant indique des différences **significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 14). Le teste de Fisher : comparaison entre les catégories avec confiance intervalle de 95% montre trois **groupes homogènes** **A** présenté par la première date de semis, avec **200.85 g**, **groupe AB** présenté par la date 2 avec **187.67 g** et **groupe B** présenté par la date 3 avec **133.12 g** (Figure 20).

Tableau 14. Analyse de la variance (P.M/Plant)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	24070,386	12035,193	3,365	0,050	S
Erreur	26	92988.715	3576.489			
Corrigé Total	28	117059.100				

S : Significatif

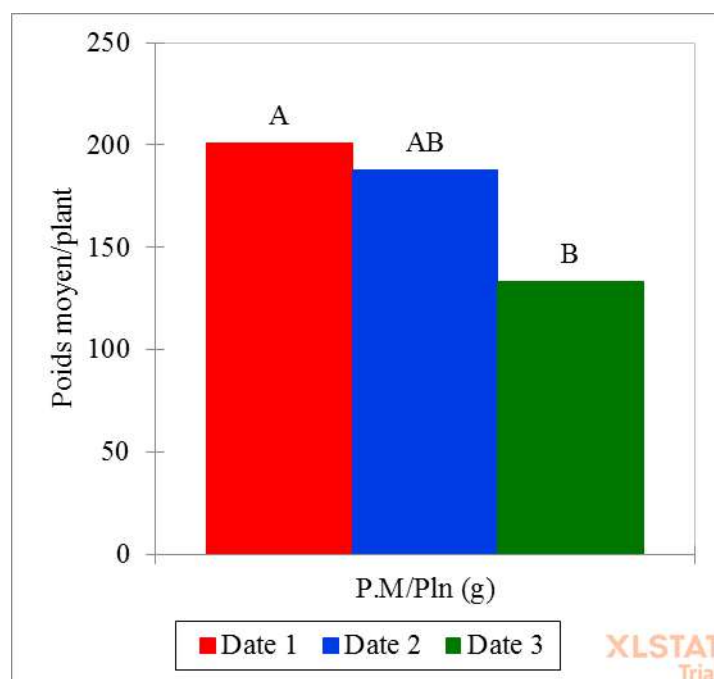


Figure 20. Variation de poids moyen /plant en fonction de la date de semis

4.5.1.4. Forme de la panicule

On a observé 3 types de panicules, panicule amarantiforme et intermédiaire qui ont été bien présentées chez le génotype Q102, et la forme glomériforme qui a été dominante pour les plants de génotype Gizza1.

4.5.1.5. Couleurs des panicules

La couleur verte des panicules a été la plus observée pour les deux génotypes, avec quelques panicules de couleur orange pour le génotype Q102. Toutefois, au stade maturation physiologique un changement de couleur pour les deux génotypes a été observé (jaune pour le Q102 et mauve puis rougeâtre pour le Gizza1) (Figure 21).



Figure 21. Les couleurs de panicule observée

4.5.1.5. Porte de la plante

Dans notre cas on a remarqué trois forme de port : la forme simple, ramification jusqu'au tiers inférieur et ramification jusqu'au deuxième tiers (Figure 22)

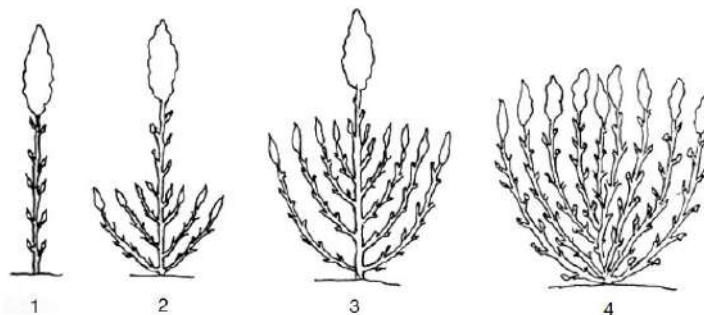


Figure 22. Les formes des portes de la plante quinoa

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

4.5.2. Paramètres liés au rendement

4.5.2.1. Nombre des ramifications panicule par plant

L'analyse de la variance relative au nombre de ramification panicule par plants indique des différences **hautement significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 15). Le teste de Fisher : comparaison entre les catégories avec confiance intervalle de 95% montre deux **groupes homogènes A** présenté par la première date de semis, avec **39.36 ramifications** et la date 2 avec **37.72 ramifications** et **groupe B** présenté par la date 3 avec **20.37 ramification** (Figure 23).

Tableau 15. Analyse de la variance (N.P.Sec)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	1840,831	920,415	9,126	0,001	H.S
Erreur	23	2319.619	100.853			
Corrigé Total	25	4160.450				

H.S : Hautement significatif

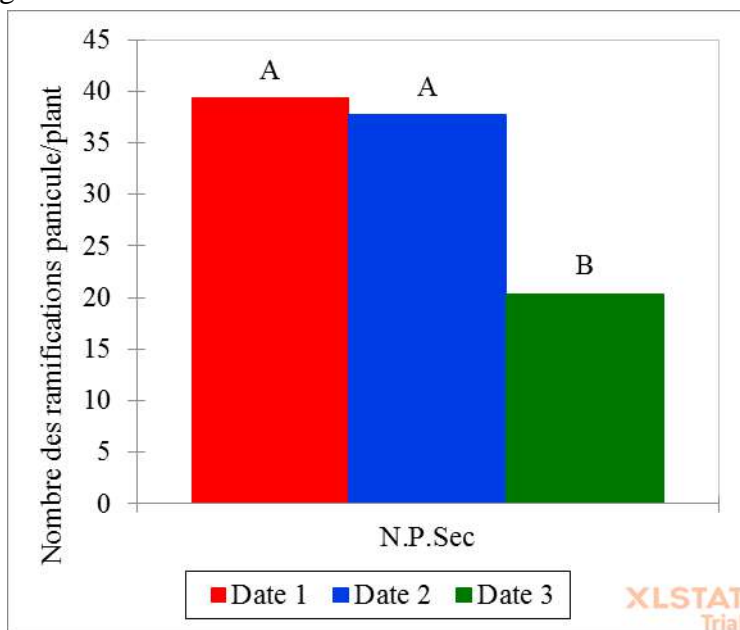


Figure 23. Variation de nombre de panicule secondaire en fonction de la date de semis

4.5.2.2. Poids de la panicule principale

L'analyse de la variance relative au poids de panicule principale indique des différences **non significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 16). Le poids le plus élevée de panicule principale a été enregistré à la première date de semis, avec **27.54 g**, suivi par la date 3 avec **27.43 g** et enfin la date 2 avec **27.16 g** (Figure 24).

Tableau 16. Analyse de la variance (P.P.Prin/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	0,625	0,313	0,006	0,994	N.S
Erreur	25	1263.300	50.532			
Corrigé Total	27	1263.925				

N.S : non significatif

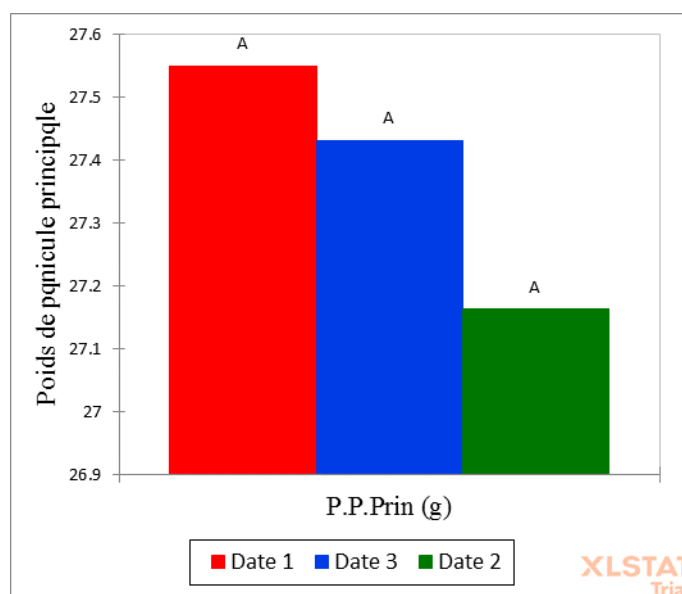


Figure 24. Variation de poids de panicule principale en fonction de la date de semis

4.5.2.3. Poids de 1000 graines

L'analyse de la variance relative au poids de 1000 grains indique des différences **hautement significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 17). Le teste de Fisher : comparaison entre les catégories avec confiance intervalle de 95% montre deux **groupes homogènes A** présenté par la première date de semis, avec **2.78 g** et la date 2 avec **2.28 g** et **groupe B** présenté par la date 3 avec **aucun rendement en grains** (Figure 25).

Tableau 17. Analyse de la variance (P 1000 G)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	13,207	6,604	18,195	0,003	H.S
Erreur	6	2.178	0.363			
Corrigé Total	8	15.385				

H.S : Hautement significatif

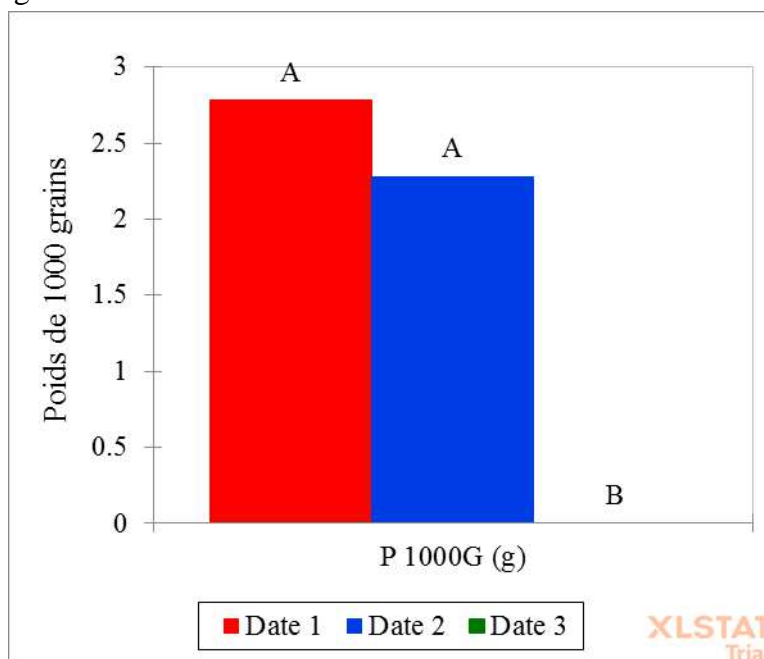


Figure 25. Variation de poids de 1000 grains en fonction de la date de semis

4.5.2.4. Poids total des grains par mètre carré

L'analyse de la variance relative au poids total des grains par mètre carré indique des différences **significatives** entre les trois dates de semis (Tableau 18). Le teste de Fisher : comparaison entre les catégories avec confiance intervalle de 95% montre trois **groupes homogènes A** présenté par la deuxième date de semis, avec **91.62 g (9.16 qx/ha)**, groupe **AB**

Chapitre 4. Résultats et discussion

présenté par la date 1 avec **52.58 g (5.25 qx/ha)** et **groupe B** présenté par la date 3 avec **aucun rendement en grains** (Figure 26).

Tableau 18. Analyse de la variance (P.T.G/m²)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F	Signification
Date de semis	2	12684,054	6342,027	7,516	0,023	S
Erreur	6	5062.512	843.752			
Corrigé Total	8	17746.566				

S : significatif

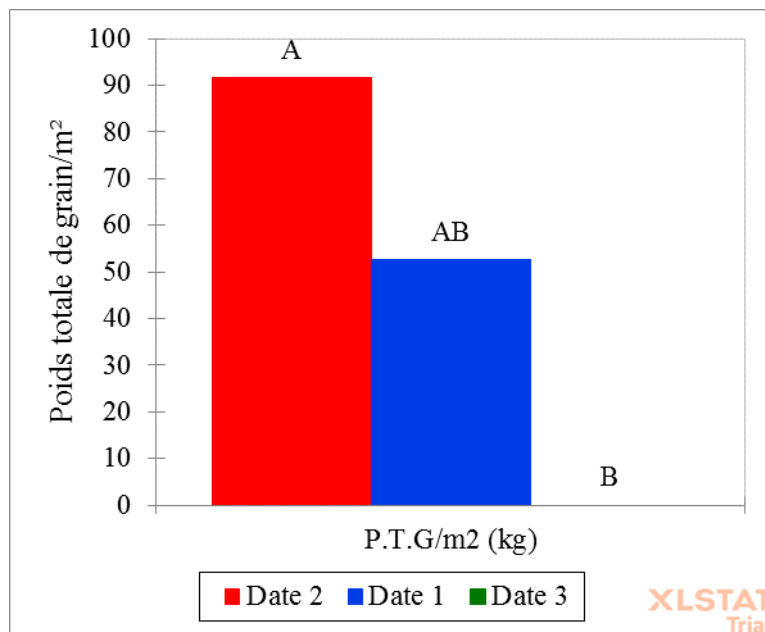


Figure 26. Variation de poids totale des grains/m² en fonction de la date de semis

Discussion

A la lumière des résultats obtenus, la date de semis influe significativement sur le nombre de plants levés/m², le poids total des plants /m², poids moyen/ plant, poids total des grains/ m², poids de 1000 grains, et nombre de panicule secondaire. Alors qu'elle n'a aucun effet sur les paramètres : nombre total de plants/ m², hauteur des plants, nombre de ramification et poids de panicule principale.

La différence entre le nombre total des plants/m² pour les trois dates de semis est due au nombre de plants levés/m².

Les résultats obtenus montrent que la meilleure date de semis pour le génotype Q102 est la date 1 (16/10/2018), qui s'est classée en première position pour la plupart des paramètres étudiés. En revanche, pour le rendement en grains la meilleure date est la deuxième date de semis (31/10/2018).

En revanche, aucun rendement en grains n'a été enregistré par le génotype « Gizza1 » pour les deux premières dates de semis. Alors, qu'un faible rendement a été enregistré par la troisième date de semis.

Toutefois, le rendement en grains enregistré par notre essai pour les deux génotypes reste faible comparativement aux rendements obtenus par les essais de l'ITDAS, ce qui peut être expliqué par l'influence conjuguée de plusieurs facteurs : climatiques, hydriques, culturales et variétales.

En fait, les conditions climatiques, qu'a connue la région de Ouargla l'année de mise en culture ont influé fortement sur les paramètres de croissance végétative et ceux de rendement de nos génotypes.

D'après JACOBSEN *al.* (2014), la température est le principal facteur abiotique qui influe directement sur la croissance, la germination et la productivité du quinoa. Ces dernières sont également influencées par les caractères variétaux de chaque génotype.

Selon le **Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, (2005)**, les températures supérieures à 30°C rendent la plante de quinoa stérile. En fait, les fortes

Chapitre 4. Résultats et discussion

températures qui ont caractérisé l'année de la mise en culture surtout au stade floraison ($> 40\text{ C}^\circ$) (Annexe 3) ont influé négativement sur les plants des deux génotypes de quinoa, ce qui explique le retard de croissance et le faible rendement obtenu.

D'après **L'esse de Line Bilodeau, (2016)**, la production de semences de quinoa exige des conditions environnementales particulières et le pollen peut devenir stérile à des températures supérieures à $28\text{ }^\circ\text{C}$.

Selon **BOIS *et al.* (2006)**, à des températures supérieures à 38°C , les fleurs avortent, et les stigmates et les étamines meurent.

Au même titre que les fortes températures, les faibles températures peuvent également influencer sur les plants de quinoa. Selon **JACOBSEN (2014)**, les faibles températures de la période hivernale exercent un impact négatif sur développement du quinoa. Ce qui explique dans notre cas la mort de génotype « Gizza1 » planté à la première date de semis.

La mort de ce génotype à la deuxième date de semis (début Mars) peut également lier à sa sensibilité aux plusieurs insectes et maladies par rapport au génotype « Q102 ». Ceci peut être admis surtout si en se référant à la faible teneur des semences de ce génotype en saponine. Ce dernier est considéré comme un agent protecteur contre plusieurs insectes et maladies microbiennes qui peuvent attaquer le quinoa. Les mêmes constatations ont été déjà signalées par **Line Bilodeau (2016)**.

Les faibles rendements enregistrés pour le premier stade de semis sont dues aux basses températures. En fait, une pluie suivie d'une vague d'air froid a été enregistrée dans la station d'étude, ce qui a empêché la fécondation,

Alors que, pour la deuxième date de semis, le faible rendement obtenu est due à l'effet des gelées qui ont affecté la fécondation.

Alors que, les gelées persistantes et exceptionnelles qu'a connues la région de Ouargla au moment de la floraison expliquent bien les résultats négatifs enregistrés.

Conclusion

Conclusion

Au terme de notre étude nous jugeons utile de rappeler l'objectif de ce travail qui consiste à étudier l'effet de la date de semis sur quelques paramètres de la croissance végétative et de rendement de deux génotypes de quinoa « Q102 : *Amarilla Sacaca* » et « Gizza1 »

Notre travail s'est ainsi basé sur une étude comparative de la réponse de deux génotypes aux conditions édapho-climatiques des régions arides.

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

- La date de semis influe significativement sur les paramètres de croissance et de rendement des deux génotypes.
- Le génotype Q102 est plus adapté aux conditions des régions arides plus que le génotype Gizza1

D'après les résultats obtenus, on peut dire que les hautes températures comme les basses sont défavorables pour la réussite d'une culture de quinoa.

- ✓ Les températures élevées inhibent la germination des graines en résultant une levée faible et hétérogène, elles influent également sur la floraison
- ✓ Les basses températures coïncidant avec la floraison, empêchent la fécondation.

Il faut signaler enfin, que ce travail est une approche préliminaire à l'essai de l'introduction de quinoa au sud de l'Algérie qui mérite d'être approfondie par d'autres essais incluant d'autres pratiques culturales sur le comportement variétal de quinoa tel que : la densité de semis, l'influence de la salinité (sol et eau), la fertilisation organique et minérale, et même par l'étude de comportement d'autres génotypes de quinoa, s'avère nécessaire afin de sélectionner les variétés les plus adaptées et qui résistent bien 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, soit autant que culture alternative aux céréales ou comme culture fourragère.

Conclusion

Enfin, et après la confirmation des résultats, nous recommandons aux agriculteurs de prêter attention à cette plante en raison de ses caractéristiques et des avantages qui lui permettent de pris une grande importance dans le nouveau système agricole en Algérie.

- Bien planifier leur plan de culture
- Essayer d'accepter le quinoa dans la nouvelle culture alimentaire de la société compte tenu de sa valeur nutritionnelle
- Engager des mesures techniques d'accompagnement (irrigation, fertilisation, traitement phytosanitaire).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

1. **Algérie presse service, 2018**, Le quinoa peut s'avérer comme un complémentaire de la culture du blé en Algérie, (18 Mars 2018), disponible sur: <http://www.aps.dz/economie/71321-le-quinoa-peut-s-averer-comme-un-complementaire-de-la-culture-du-ble-en-algerie> (consulté: 8/07/2019).
2. **ANRH (1998)** : « Estimation des besoins en eau des cultures par région hydraulique de planification (RHP)». étude ANRH août 1998
3. **AUBERT G. (1978)**. Méthode d'analyses des sols. Centre nationale de documentation pédologique, CP/Dp. Marseille. 191 P.

B

4. **BAIZE D., 2000**. *Guide des analyses en pédologie*. 2^e édition revue et augmentée. INRA Éditions, 257 p
5. **BAZILE. D, PULVENTO.C, VERNIAU.A, .AL-NUSAIRI.M, DJIBI.BA, BREIDY. J, HASSAN.L, MAAROUFLM, MAMBETOV.O, OTAMBEKOVA. M, SEPAHVAND.A.N, SHAMS.A, SOUCI. D, MIRI .K, PADULOSLS, 2016**, Frontier in plant science, *Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from post international year of quinoa FAO projects in nine countries*, Vol.7, N°. 850, P 3-16, disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/304169851_Worldwide_Evaluations_of_Quinoa_Preliminary_Results_from_Post_International_Year_of_Quinoa_FAO_Projects_in_Nine_Countries .
6. **BELAID. D, 2017**, Algérie: Utiliser le quinoa comme fourrage en sol salé, Algérie, 3p.
7. **BERTERO H.D., 2003**. Response of Developmental Process to Temperature and Photoperiod in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*. 19:87-97
8. **BERTERO H.D., KING R.W., HALL, A.J., 1999A**. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*. 60:231-243.
9. **BERTERO H.D., KING R.W., HALL A.J., 2000**. Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Aust. J. Plant Physiol*. 27:349-356.

Références bibliographiques

10. BILODEAU.L, 2016, Parcelle d'essai de quinoa dans la chaudière-appalaches, Quebec, 17p.
11. BOIS,J.F.,WINKEL,T.,LHOMME,J.P.,RAFFAILLAC,J.P.,ROCHETEAU,A,2006.Res
ponse of some. Bhargava.A, Shukla, S , Ohri.D, 2007, *Genetic variability and inter
relationship among crops Research* ,101 :104-116.
12. BOSQUE H., LEMEUR R., Van DAMME P., JACOBSEN S.E., 2001. Analisis
Ecofisiologico del Cultivo de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Condiciones de
Estres por Sequia y Salinidad. *Proyecto Quinoa CIP-DANIDA, Peru, Lima*. p. 231-236.
13. BOSQUE H., LEMEUR R., Van DAMME P., JACOBSEN S.E., 2003. Ecophysiological
Analysis of Drough and Salinity Stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food
Reviews International*. 19:111-119
14. BOUAAMAR B., (2010) -Le développement agricole dans les régions sahariennes Etude de
cas de la région d'Ouargla et de la région de Biskra (2006-2008) .Mémoire doctorat, 31P.
15. BRIGOL M -ROUVILLOIS, 1975 : Le Pays de Ouargla, Sahara algérien, variations et
organisation d'un espace rural en milieu désertique. Publications de l'Université de Paris-
Sorbonne, p.389.

C

16. CARMEN DEL CASTILLO ET AL, 2008. Le quinoa en Bolivie : une culture ancestrale
devenue culture de rente “ bio-équitable ” in *Biotechnol. Agron. Soc. Environ (BASE)*, 423.
(Origine et distribution géographique)
17. CASTELLANOS A, PANDO L. G, 2016, Guía de cultivo de la quinua Publicación, Luz
Gómez Pando Enrique Aguilar Castellanos Organización (FAO) de y la Agricultura
Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú, 121 p. disponible sur:
<http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>, consulté le: 18/01/2019
18. CATAORA P., CANAHUA A., 1992. Selección de genotipos de quinua (*Chenopodium
quinoa* Willd.) resistentes a heladas y perspectivas de producción en camellones. *Actas del VII
Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. 4-8 Fév. 1992, Morales et Vacher, eds.,
Bolivia, La Paz*. p. 53-56
19. CERCAM, 2014, QUINOA : Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour
le Maroc, 15p

Références bibliographiques

D

20. **D.P.A.T., 2010.** Annuaire statistique 2009 de la wilaya de Ouargla, Ouargla, 163p.
21. **DUBIRF J, 1953_** Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Service des études scientifiques, Alger, 457p.

F

22. **FAO, 2011,** Food and Agriculture Organization. Proposition du Gouvernement bolivien en vue d'une Année internationale du quinoa. p10 (distribution geogra)
23. **FAO, 2013,** Food and Agriculture Organization. Nutritionel value : international year of quinoa, disponible sur http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/en/?no_mobile=1 consulté le 05/1/2019.
24. **FAO, 2018,** Food and Agriculture Organization. Introduction du quinoa en Algérie. Fois ans agriculture organisation. <https://www.fao.org>. (Date de consultation : 19/04/2019).
25. **FRERE M., REA J., RIJKS J.Q., 1975.** Estudio Agroclimatológico de la Zona Andina (Informe Técnico). *Proyecto Interinstitucional ,FAO/UNESCO/OMM. Roma, Italia.* Pp : 29-51

G

26. **GACEMI. A, 2016,** Introduction and assessment of Quinoa in Algeria: Field trial evaluation of eleven *Chenopodium quinoa* genotypes grown under Mediterranean conditions (ALGERIA). Algérie, 35p.
27. **GANDARILLAS H., BOTANICA. IN : TAPIA M.E., GANDARILLAS H., ALANDIA S., CARDOZO A., MUJICA A., MRTIZ R., OTAZU V, REA J, SALAS B, ZANABRIA E, 1979,** *La quinua y la kañiwa: cultivos andinos, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Bogotá, Colombia, 20-44 p.* disponible sur: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2016/04/49767.pdf>, consulté le: 16/01/2019.
28. **GEERTS S., MAMANI R., GARCIA M., RAES D., 2006a.** Response of quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) to differential drought stress in the bolivian Altiplano: towards a deficit irrigation strategy within a water scarce region. *International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture, Adana, Turquie, 4-8 Avril 2006.*

Références bibliographiques

29. **GEERTS S., RAES D., GARCIA M., Del CASTILLO C., BUYTAERT W., 2006b.** Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. *Agricultural and Forest Meteorology*. 139:399-412
30. **GEERTS S., RAES D., GARCIA M., VACHER J.J., MAMANI R., MENDOZA J., HUANCA R., MORALES B., MIRANDA R., CUSICANQUI J., TABOADA C., 2008.** Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *European Journal of Agronomy*. 28:427-436
31. **GOOGLE Earth, 2019** – disponible sur : <https://earth.google.com/web/@31.9545407,5.35274306,144.35008025a,18954.55620454d,35y,-0.00000613h,0.21545265t,-0r> (consulté le 16- 01 - 2019).
32. **GOOGLE Maps, 2019**– disponible sur : <https://www.google.fr/maps/place/Ouargla,+Alg%C3%A9rie/@28.5347013,2.2132485,5.28z/data=!4m5!3m4!1s0x125d6b8578c4bca9:0x63c3e82d2c9a71d!8m2!3d32.1677808!4d4.976654?hl=fr> (consulté le 16- 01 - 2019)

H

33. **HALILAT MT, 1993,** Étude de la faune fertilisation azotée et potasique sur blé dur (variété al dura) en zone saharienne (région de Ouargla). Mémoire magister, I.N.S. Batna.130p.
34. **HAMDI-AISSA B., 2001** - Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara(Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doct. I.N.A Paris-Grignon, Paris, 315p.
35. **HEBERT S, 1997,** Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau pour les revirées de Québec, Ministère de l'environnement et de la faune, Québec, 20p.
36. **HERBILLON.M, 2015-** Le Quinoa : Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques, *HAL*, France, 125 p, disponible sur : <http://archive.bu.univ-nantes.fr/pollux/fichiers/download/d76adb96-a272-4064-9fd0-4bc0abafa7ab>, consulté le : 30/11/2018.
37. **HIRICH.A,** Culture du quinoa : Guide de l'agriculteur, Émirats Arabes Unis, Centre international pour l'agriculture biosaline (ICBA), 17 p.

Références bibliographiques

I

38. **ICBA, 2016**, International Center for Biosaline Agriculture. Le Quinoa pour les environnements marginaux, la péninsule arabique et les ÉAU, disponible sur : https://www.biosaline.org/sites/default/files/project_brief_quinoa_for_marginal_environment_s_v2-fre-web.pdf.
39. **ITDAS de Ouargla, 2019**, La culture de quinoa dans la région de Ouargla. Ferme de production des semences Institut Technique de Développement d'Agriculture Saharienne Ouargla.

J

40. **JACOBSEN S.E., MONTEROS C., CHRISTIANSEN J.L., MUJICA A., 2000A.** Agronomic and physiological response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at three phenological stages. *European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research (E. Commission, ed.), Bruxelles*. p. 541-546.
41. **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*. 22:131-139.
42. **JACOBSEN S.-E HIRICH .A, CHOUKR-ALLAH .R, (2014)**, « Quinoa in Morocco – Effect of Sowing Dates on Development and Yield », journal of agronomy and crop science (Morocco), 7p.

L

43. **LAGUNA P, 2002**, Competitividad, externalidades e internalidades: un reto para les organizaciones economicas campesinas, *Debate Agrario, Analysis y Alternativas, Lima, Pérou.*, 95-169
44. **LAURA A .M. B, 2011-** Analisis de productividad y componentes del rendimiento de tres variedades de quinoa (*chenopodium quinoa willd.*) en la comunidad callapa - altiplano central, carrera de ingenieria agronomica, universidad mayor de san andres, LA PAZ – BOLIVIA, p 154.
45. **LEBONVALLET. S, 2008**, Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'altiplano bolivien, *HAL*, France, 274 p, disponible sur :

Références bibliographiques

http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-02/010045021.pdf consulté le 30/11/2018.

46. **LEON, J.M, 2003-** Cultivo de quinua en Puno – Perú descripción manejo y producción. *UNA – PUNO*, PUNO – PERU, 62, disponible sur: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/cultivo-quinua-puno-peru/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>, consulté le: 16/01/2019.

M

47. **MATHIEU C. ET PIELTAIN F. (2003)**, Analyses chimiques des sols : Méthodes choisies, Tec et Doc, Lavoisier, Paris p387
48. **MATHIEU C. ET PIELTAIN F. (2003)**, Analyses physiques des sols : Méthodes choisies, Tec et Doc, Lavoisier, Paris p387
49. **Ministère de l’Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, (2005)**, « les cultures alternatives : quinoa, amarante et épeautre», transfert de technologie en agriculture, N : 133, 4p.
50. **MUJICA A., IZQUIERDO J., MARATHEE J.P. (2001)**. Origen y descripción de la quinua. In :Mujica A.,Jacobsen S. E., Izquierdo J., Marathee J. P. y FAO, editors. *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. CIP, UNAP. FAO, CD Cultivos Andinos,version 1.0. Santiago, Chile.

O

51. **ONM, 2019** - Office National de la Météorologie de Ouargla, *rapport sur les données climatiques de la région de Ouargla*.

R

52. **ROJAS, W., 2011**. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Santiago. FAO, Oficina Regional para America Latina y el Caribe-PROINPA. [en ligne]. Juillet 2011. [Consulté le 08.03.2018]. Disponible à l’adresse : <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>

Références bibliographiques

S

53. SHARMA G., LAKHAWAT S., 2017, «*Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa), an ancient Andean grain: A Review*», journal official pharmacognosy and phytochemistry, India, p: 1489.
54. SOLTNER D., 1989 - Les bases de la production végétal. Tome I: Le sol, 17ème Ed. C.S.T.A., Angers, 468 p.

T

55. TAPIA M.E., GANDARILLAS H., ALANDIA S., CARDOZO A., MUJICA A., MARTÍZ R., OTAZU V, REA J, SALAS B, ZANABRIA E, 1979, *La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA)*, Bogotá, Colombia, 227 p. disponible sur: <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>, consulté le: 18/01/2019.

V

56. VALENCIA-CHAMORRO S.A. Quinoa. In: Cabalero B. 2ème éd. *Encyclopedia of Food Science and nutrition* (vol. 8), Amsterdam, Academic Press, 2003, 4895-4902

Annexes

Annexes

Annexes

1. Annexe à une relation avec les données climatiques

Annexe 01. Les données climatiques (2009- 2018) (ONM Ouargla, 2019)

Mois	T MIN EN °C	T MAX EN °C	T MOY EN C°	HUMIDITE MOY EN %	FORCE DU VENT Max EN KM/H	PRECIPITA TIONS EN MM	EVAPORATI ON EN MM	INSOLATION EN Heure
Janvier	5.2	19.5	12.4	50.5	4.7	8.8	97.9	248.4
Février	7.0	21.2	14.1	44.6	7.4	4.1	120.7	237.4
Mars	10.7	25.7	18.2	40.5	7.4	5.6	180.6	266.8
Avril	15.4	30.8	23.1	35.3	5.3	1.5	231.3	285.3
Mai	20.0	35.3	27.7	30.4	7.6	2.3	302.6	316.3
Juin	24.8	40.4	32.6	26.7	5.0	0.8	366.9	229.3
Juillet	28.1	44.0	36.1	22.7	4.4	0.4	447.2	317.5
Aout	27.3	42.4	34.8	26.2	4.5	0.5	388.0	341.4
Septembre	23.5	38.1	30.8	33.9	7.4	5.4	266.8	268.1
Octobre	17.1	31.8	24.5	38.4	7.4	4.7	207.6	270.7
Novembre	10.5	24.6	17.5	46.2	6.1	3.1	124.5	248.2
Décembre	5.9	19.8	12.8	51.3	4.8	3.7	86.2	239.0
Moyenne	16.3	31.1	23.7	37.2	6.0	/	235.0	272.4
Cumul	/	/	/	/	/	40.8	2820.2	3268.5

Annexes

Annexe 02. Les données climatiques de l'année en cours période (Octobre - Mai), (ONM, 2019)

Mois	T MIN EN ° C	T MAX EN ° C	T MOY EN C°	HUMIDITE MIN EN %	HUMIDITE MAX EN %	HUMIDITE MOY EN %	FORCE DU VENT Max EN KM/H	PRECIPITATIONS EN MM	Cumul EVAPORATION EN MM	Cumul INSOLATION EN Heure
Octobre	16.86	30.11	23.48	21.52	56.32	38.92	8.58	0.00	214.30	247.90
Novembre	10.39	24.15	17.27	26.60	68.07	47.33	7.80	0.80	143.70	244.50
Décembre	4.91	20.46	12.69	29.65	74.97	52.31	6.06	-	105.60	272.10
Janvier	3.80	18.76	11.28	24.45	64.29	44.37	8.61	0.01	113.60	256.20
Février	4.79	19.43	12.11	21.43	64.21	42.82	9.75	-	132.60	226.60
Mars	9.27	24.47	16.87	17.68	58.84	38.26	11.39	17.30	202.70	245.70
Avril	15.46	30.54	23.00	14.40	49.13	31.77	11.80	-	283.10	304.20
Mai	19.26	33.84	26.55	13.52	45.19	29.35	11.61	3.62	328.60	320.10
Moyenne	10.59	25.22	17.91	21.15	60.13	40.64	9.45	/	190.53	264.66
Cumul	/	/	/	/	/	/	/	21.73	1,524.20	2,117.30

Annexe 03. Les données climatiques de mois Avril 2019 (ONM, 2019)

Jours	T MIN EN ° C	T MAX EN ° C	HUMIDITE MIN EN %	HUMIDITE MAX EN %	FORCE DU VENT Max EN KM/H	PRECIPITATIONS EN MM	Cumul EVAPORATION EN MM	Cumul INSOLATION EN Heure
1	11.0	23.0	42	94	11	0	4.1	11.1
2	13.7	25.9	27	83	8	0	3.2	11.3
3	14.0	29.5	15	89	12	0	9.2	11.0
4	19.2	30.8	17	60	16	0	10.1	1.6
5	17.8	25.6	22	66	8	0	5.8	9.3
6	15.0	22.1	28	59	17	0	4.9	6.2
7	8.5	24.6	14	72	14	0	6.6	10.9
8	11.0	25.5	25	60	7	0	5.5	11.4
9	14.5	30.8	10	51	8	0	8.0	10.6
10	15.5	27.0	15	52	13	0	6.5	10.6
11	13.0	24.3	13	55	13	0	6.4	11.4
12	10.2	24.5	16	59	10	0	7.0	12.1
13	10.0	25.9	11	51	6	0	3.8	12.1
14	10.4	27.4	9	47	8	0	6.5	12.4
15	13.2	33.3	9	26	11	0	11.5	12.2
16	18.4	33.5	11	33	9	0	9.8	11.0
17	15.0	36.1	9	48	4	0	7.6	11.4
18	16.6	37.8	9	30	13	0	17.9	11.1
19	22.6	41.5	9	14	20	0	24.1	7.9
20	21.0	37.8	9	17	18	0	14.8	8.2
21	21.0	35.6	9	31	21	0	18.7	5.9

Annexes

22	17.6	28.9	15	51	13	0	7.0	11.9
23	15.7	31.7	11	46	11	0	11.5	11.9
24	19.5	34.2	9	30	12	0	12.7	4.0
25	16.0	36.7	9	40	12	0	8.2	11.6
26	17.2	36.1	11	41	14	0	11.1	11.5
27	18.8	30.8	16	54	13	0	12.2	11.0
28	16.0	29.5	14	35	12	0	8.4	12.3
29	13.9	31.1	9	36	8	0	8.8	12.2
30	17.4	34.8	9	44	12	0	11.2	8.1

2. Annexes ont une relation avec le sol et l'eau d'irrigation

Annexe 03. Classification des sols selon le pH de l'extrait 1/2,5 du sol (SOLTNER, 1989).

pH	Classes
5 à 5,5	Très acide
5,6 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcalin
>8	Très alcalin

Annexe 04. Échelle de la conductivité électrique d'extrait 1/5 du sol (AUBERT, 1978).

CE à 25°C (dS/m)	sol
< 0,6	Non salé
0,6 à 1,2	Peu salé
1,2 à 2,4	Salé
2,4 à 6	Très salé
> 6	Extrêmement salé

Annexes

Annexe 05. Échelle du gypse (BARZANJI, 1973 in FEKIH, 2013).

<0,3%	Non gypseux
0,3 à 10%	Légèrement gypseux
10 à 15%	Modérément gypseux
15 à 25%	Extrêmement gypseux

Annexe 06. Échelle de calcaire total (BAIZE, 2000).

<1%	Horizon non calcaire
1 à 5	Horizon peu calcaire
5 à 25%	Horizon modérément calcaire
25 à 50%	Horizon fortement calcaire
50 à 80%	Horizon très fortement calcaire
>80%	Horizon excessivement calcaire

Annexe 07. Appréciation de la qualité de l'eau selon pH (HEBERT, 1997)

Valeur de pH	Classe	Appréciation
6,9-8,6	A	Bonne qualité
6,5-6,8 ou 8,7-9	B	Qualité satisfaisante
6,2-6,5 ou 9,1-9,3	C	Qualité douteuse
5,8-6,1 ou 9,4-9,6	D	Mauvaise qualité
<5,8 ou >9,6	E	Très mauvaise qualité

3. Annexes ont une relation avec la culture



Surface agricole avant le semis



Q102 du date1 (stade panicule)



Q102, date1 (stade levée)



Gizza1 date 3 (stade levée)



Q102, date1 (stade ramification)



Q102 date1 (stade début formation panicule)

Annexes



Gizza1 date 2 (stade panicule)



Gizza1 date 3 (stade début de floraison)



Gizza1 date 3 (stade floraison)



Q102 date 1 (stade floraison)

5. Annexe en relation avec des accidents naturels



La morte de Gizza1 au stade floraison



Effet de gel sur le Q102



Attaque des fourmis sur le Gizza1



Coccinella septempunctata sur le Q102

Annexes



Fusarium au stade panicule



Rhizoctonia au stade deux feuilles



Punaise verte sur le Q102

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de trois dates de semis sur le potentiel de croissance et de production de deux génotypes de quinoa «Q102: *Amarilla Sacaca* » et « Gizza1 » sous les conditions édapho-climatiques arides (région de Ouargla). Pour ce faire, un essai a été installé au niveau de l'ITIDAS de Hassi Ben abdallah. Ainsi, le dispositif expérimental adopté est de type bloc aléatoire complet comportant trois dates de semis : le 16 octobre, 31 octobre et le 15 novembre. Les paramètres retenus sont : paramètres de croissance végétative et paramètres de rendement. Les résultats obtenus montrent que la meilleure date de semis pour le génotype « Q102 » est la date 1 (16/10/2018), qui s'est classée en première position pour la plupart des paramètres étudiés. En revanche, le meilleur rendement en grains a été enregistré par la deuxième date de semis (31/10/2018). Quant au génotype « Gizza1 », aucun rendement n'a été enregistré par ce génotype pour les deux premières dates de semis, alors, qu'un rendement en grains très faible a été enregistré seulement par la troisième date de semis. Les résultats obtenus permettent de conclure le fort pouvoir d'adaptation «Q102 » aux conditions édapho-climatiques de Sud de l'Algérie par rapport au génotype « Gizza1 ».

Mots clés : Quinoa, date de semis, Croissance végétative, Rendement, Conditions Edapho-climatiques.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير ثلاثة تواريخ بذر على إمكانات النمو والإنتاج لنمطين جينيين من الكينوا "Q102: *Amarilla sacaca*" و "Gizza1" في ظل الظروف المناخية الجافة (منطقة ورقلة). للقيام بذلك، تم إجراء تجربة في ITIDAS حاسي بن عبد الله. وبالتالي، فإن المركب التجريبي المعتمد هو نوع كتلة عشوائي كامل مع ثلاثة تواريخ زرع: 16 أكتوبر و 31 أكتوبر و 15 نوفمبر. العوامل المحددة هي: عوامل النمو الخضري وعوامل الإنتاج. أظهرت النتائج أن أفضل تاريخ للزراعة للنمط "Q102" هو التاريخ الأول (2018/10/16)، الذي احتل المرتبة الأولى في معظم العوامل التي تمت دراستها. من ناحية أخرى، تم تسجيل أفضل محصول حبوب بحلول تاريخ الزراعة الثاني (2018/10/31). بالنسبة للنمط الوراثي "Gizza1"، لم يتم تسجيل أي محصول له في التاريخين الأول والثاني، في حين تم تسجيل محصول منخفض للغاية من الحبوب فقط بحلول تاريخ الزراعة الثالث. النتائج التي تم الحصول عليها تسمح لنا باستنتاج قابلية التكيف القوية للنمط "Q102" لظروف التربة والمناخ في جنوب الجزائر مقارنة بالنمط الجيني "Gizza1".

الكلمات المفتاحية: الكينوا، تاريخ الزراعة، النمو الخضري، الإنتاج، ظروف التربة والمناخ.

Summary

This work aims to study the effect of three sowing dates on the growth and production potential of two quinoa genotypes "Q102: *Amarilla Sacaca*" and "Gizza1" under arid edapho-climatic conditions (region of Ouargla).. To do this, a test was installed at the ITIDAS Hassi Ben abdallah. Thus, the experimental device adopted is a complete random block type with three sowing dates: October 16, October 31 and November 15. The parameters selected are: vegetative growth parameters and yield parameters. The results show that the best planting date for genotype "Q102" is date 1 (16/10/2018), which ranked first for most of the parameters studied. On the other hand, the best grain yield was recorded by the second sowing date (31/10/2018). As for the "Gizza1" genotype, no yield was recorded by this genotype for the first two sowing dates, whereas a very low grain yield was recorded only by the third sowing date. The results obtained allow us to conclude the strong adaptability of "Q102" to the edapho-climatic conditions of Southern Algeria compared to the genotype "Gizza1".

Key words: Quinoa, sowing date, vegetative growth, yield, Edapho-climatic conditions