République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Draïa Adrar
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Sciences de la Nature et de la Vie

MEMOIRE

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Systèmes de Production Agro-écologiques

Intitulé

ETUDE DE COMPORTEMENT AGRONOMIQUE DE QUELQUES VARIETES DE QUINOA (*Chénopodium Quinoa. Willd*)

DANS LA REGION D'ADRAR; ZONE DE T'SABIT

Présenté par :

HADJ HAMMOU Bachir

Soutenu publiquement le 04/07/2019

Devant le jury :

Président :	**NANI Abdelhafid**	**M. C. B**	**Université. Adrar**
Promoteur :	**LAABOUDI Abdelkader**	**M. C. B**	**INRAA. Adrar**
Examinateur :	**KADRI Yasser**	**M. A. A**	**Université. Adrar**

Année Universitaire : 2018/2019

Dédécaces

JE dédie ce modeste travail à:

Ma chère mère ***AlHajja Aicha***.

Mon cher père **Bassalem Ou Bakli**

Mes frères; Ahmed, Mohammed, Salah, Abdelkrim.

Mes Sœurs; Naceira, Khadidja, Fatima, Khaira, Fatiha

Ma Femme Out Baaziz

Aussi **Mes yeux**

KHADIDJA

HAFSA

ZAYNEB

ABD ESSAMADE

AL BACHIR

Remerciements

Je tien à remercier profondément:

Monsieur LAABOUDI Abdelkader qui accepte de suivre mon travail durant toutes les étapes et pour ses conseils.

Mr NANI Abdelhafid: Président de Jury.

Mr KADRI Yasser: D'avoir accepté d'être un membre de jury

Monsieur le Chef de département.

Je remercie également:

Monsieur le Directeur de la station de l'ITDAS Sbaa d'avoir accepté l'installation de notre essai au niveau de la station ITDAS.

Les Enseignants, les cadres et tous les travailleurs de l'Université Ahmed Draïa d'Adrar.

Mes collègues; Salhi(meilleur ami), Tikaoui, Karami.

Mes sieurs les ouvriers de la station I.T.D.A.S Sbaa et tous les algériennes et les algériens.

Bachir Hammou

Sommaire

PREMIERE PARTIE: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE Page

Introduction…….……. 01
I-1.Historique ……... 03
Répartition géographique de la culture traditionnelle du quinoa…….. 06
I-2. La Culture du Quinoa ……..…… 07
I-2.1-Classification scientifique…… 07
2-La morphologie de la plante…… I-2. 08
I-2-2-1Le système racinaire…….. 08
I-2-2-2La tige…… 08
I-2-2-3La feuille…… 08
I-2-2-4 La panicule…… 08
I-2-2-5La graine …….. 09
I-3 La composition de grains de quinoa…… 11
I-3-1 Teneur en nutriments …….. 11
I-3-2 Teneur en minéraux …… 11
I-3-3 Les fibres alimentaires …… 12
I-3-4 La saponine …… 12
I-4 Exigences de la plante du quinoa…… 13
I-4 Température…… 13
I-4 L'eau…… 13
I-4 Eclairement……. 13
I-4 Sol…… 14
I-4 Eléments fertilisants…… 14
I-5 Semis……... 14
I-6 La durée du cycle de développement……. 14
I-7 La récolte…… 15
I-8 La place dans la rotation……. 15
I-9 Les rendements…… 15
I-10 Les principaux ennemis de la plante…….. 15
I-11 Les opérations poste-récolte…….. 16
I-12 Les pertes de rendements……... 16
I-13 Répartition du quinoa dans le monde…… 17
I-14 La production mondiale du quinoa…… 17
I-15 L'utilisation de quinoa……... 17
I-15-1 Alimentation humaine…… 17
I-15-2 Utilité sanitaire……... 18
I-15-3 Alimentation de bétail…… 18
I-15-4 Intérêt scientifique ……. 19
I-15-5 Ecologie…….. 19
I-15-6 Agriculture biologique……... 19
I-15-7 Domaine cosmétique…….. 19

I-15-8 L'industrie……... 20
I-16 Marché mondial du quinoa…… 20
I-16-1 Principaux pays producteurs du quinoa……. 20
I-16-2 Principaux pays exportateurs du quinoa…… 20
I-16-3 Principaux pays Consommateurs du quinoa…….. 21
I-16-4 Les prix……... 21

DEUXIEMEE PARTIE: MATERIEL ET METHODES

II-1 Objectif de l'essai……... 22
II-2 Données sur la région de l'essai……. 22
II-2-1 Présentation générale…….. 22
II-2-2 Milieu physique…….. 22
II-2 -2-1 Reliefs…… 22
II-2-2-2 Plateaux…….. 22
II-2-2-3 Ergs……. 23
II-2-2-4 Sebkha……. 23
II-2-3 Climatologie…….. 23
II-2-3-1 Températures……... 23
II-2-3-2 Vents…… 23
II-2-3-3 Pluviométrie…… 23
II-2-3-4 Hydrologie…….. 23
II-3 Végétation……. 24
II-4 Localisation de site de l'essai……. 24
II-5 Données climatiques de la zone d'essai……. 24
II-6 Données climatiques de la compagne d'essai……. 26
II-7 Conditions pédologiques du site…… 28
II-8 Précédent cultural…….. 28
II-9 Dispositif expérimental…….. 28
II-10 Matériel végétal…… 28
II-11 Autre matériel…….. 28
II-12 Eau d'irrigation……. 31
II-13 Opérations culturels……. 31
II-14 Notion et suivi de l'essai…….. 31

TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSIONS

III-1 Résultats et discussion ……..... 34
III-2 Conclusion générale …….. 60
III-3 Références bibliographiques ……. 62

LISTE DES ABREVIATIONS

G : Gramme

Kg : Kilo gramme

CM : Centimètre

M : Mètre

M^2 : Mètre carré

Rdt : Rendement

FAO : Food and Agrecultur Organisation

P.M.G : Poids de mille grains

Moy : Moyenne

Ha : Hectare

Qx : Quintaux

E1, E2.. : Échantillon

ITDAS : Institut Technique de développement de l'Agronomie Saharienne

INRAA : Institut National des Recherches Agronomiques d'Algerie

MM : Millimètre

Km/h : Kilomètre par heur

% : Percent.

N: Nord

E: Este

ITGC : Institut technique des grandes cultures

INRF : Institut national des recherches forestières

INIA : Institut national d'investigation agronomique (Pérou)

Kcal : Kilocalorie

Mg : Milligramme

^{o}C : Degré Celsius

L : Litre

CE : Conductivité électrique

G/l : Gramme par litre

ALADI: Association Latino-Américain De l'Intégration

DPATA: Direction de planification et de l'aménagement de territoire Adrar.

Liste de figures

1: Vue de satellite de bassin de lac Titicaca

2: Carte de lac Titicaca

3: Distribution géographique de la culture traditionnelle de quinoa en Amérique du Sud

4: Slogan de la compagne pour l'Année Internationale du Quinoa

5: Différents ports de la plante de quinoa

6: Différentes couleurs de panicules

7: Couleurs de grains du quinoa

8: Formes de la tige principale

9: Dimensions de la feuille de quinoa

10: Formes de la panicule

11: Formes des grains

12: Taux de saponine selon le stade de développement

13: Les principaux pays importateurs du quinoa

14: Moyenne des températures des années 2014, 2015 et 2016

15: Moyenne de l'humidité relative des années 2014, 2015 et 2016

16, 17, 18, 19, 20 et 21: Matériel végétale utilisé dans l'essai

22, 23 et 24: Autre matériel utilisé

25: Dispositif expérimental

26: Champ d'essai

27: Travaux du sol

28: Semis manuel

29: Désherbage manuel

30 et 31: Récolte manuel

32: Stades phénologiques.

33: Taux de plants levés / m^2

34: Nombre de panicules /plante

35, 36, 37, 38, 39 et 40: Formes de panicules des plantes récoltées

41: Poids de panicule principale

42: Taux de moyenne de plantes récolté

43: Hauteur des plantes

44: Longueur de la racine principale

45: PMG

46 et 47: Méthode de mesure sur plantes

48, 49 et 50: Ennemis de la culture

51: Somme des jours

52: Rendements

53: Poids de masse sèche

54: Axes des variables

55: Groupes variétales

56: Positions des variétés entre eux

Liste de tableaux

1: Les noms les plus fréquents du quinoa

2: La teneur en nutriments de quinoa en comparaison avec d'autres aliments

3: La teneur en minéraux de quinoa en comparaison avec d'autres cultures

4: Teneur en Potassium, cuivre et magnésium

5: Le taux de saponine dans quelques variétés du quinoa

6: Les causes de perte de production de quinoa

7: Production de quinoa chiffres 2004-2010

8: Principaux pays exportateurs du quinoa

9: Les prix d'exportation du quinoa pour les principaux pays producteurs de quinoa

10: Données climatiques des années 2014, 2015 et 2016

11: Données climatiques de la compagne de l'essai

12: Comparaison des moyennes des températures

13: Données climatiques durant le cycle végétatif

14: Suivi de l'apparition des stades phénologiques

15: Nombre de plant levé /m^2

16: Analyse de la variance pour le nombre de plants levée/m^2

17: Ramification

18: Analyse statistique de ramifications.

19: Nombre de panicules / plante

20: Analyse statistique de nombre de panicules /plante

21: Longueur de la panicule principale

22: Analyse statistique pour la longueur de la panicule principale

23: Analyse statistique du poids de la panicule principale

24: Poids de la panicule principale

25: Poids de grains de la panicule principale

26: Analyse de la variance des grains de la panicule principale

27: Nombre de plants récoltés/m^2

28: La hauteur des plantes

29: Analyse statistique de la hauteur des plantes

30: Longueur de racine principale

31: Analyse de la variance pour la racine principale

32: Poids de mille grains (PMG)

33: Analyse statistique du PMG

34: Somme des jours

35: Rendements

36: Production de fourrage

37: Abréviations pour l'ACP

38: Matrice de corrélation

39: Tableau récapitulatif de l'analyse de la variance

PREMIERE PARTIE
Synthèse bibliographique

Introduction

Le Quinoa (*Chénopodium Quinoa .willd*) est une plante d'origine des Andes en Amérique du sud (région du lac Titicaca), principalement au Pérou et Bolivie. Cette culture constituait un aliment de base des populations entre 3000 et 5000 ans avant J.C. Le développement technique du quinoa était bien avancé et réparti sur tout le territoire des Incas. Avec l'arrivée des Espagnols, cette culture fût remplacée par les céréales (anonyme, 2014).

Le quinoa contient beaucoup plus de protéines, de calcium, de magnésium, de potassium, de fer et de zinc ainsi que les vitamines A et E que le blé, le maïs, l'orge, le riz et l'avoine. En outre, le quinoa n'as pas de gluten et est la seule plante comestible connue à fournir les principaux acides aminés (Diaz, 2015).

La plante de quinoa a une très grande importance pour les gens qui sont sensible au glutine puisque la plante dépourvue de cette protéine, ce qui constitue une solution sanitaire pour ces gens et l'importance pour l'économie national lorsqu'elle offre des revenus issus de l'importation des produits dépourvus de glutine.

Selon Rodriguèz (2015) et Blaid (2017) le quinoa serve un aliment à haute valeur nutritive pour les animaux.

Aussi le quinoa est une plane médicinale et utilisé dans le domaine cosmétique.

La production mondiale de quinoa atteinte les dernières années environ 80 milles tonnes dans une superficie de 100 milles hectares (www.FAO.org/quinoa-2013)

Les pays les plus productifs de quinoa au monde sont surtout le Pérou et la Bolivie, puis les Etats-Unis, Canada et Chili (www.FAO.org/quinoa-2013)

L'introduction du quinoa en Algérie est très récente (2014) et depuis cette année jusqu'au jour d'hui le quinoa se cultive (en titre d'essai) dans des différentes régions de l'Algérie a travers quelques instituts: ITDAS, INRAA, INRF, ITGC (Anonyme 2015)

Le but de son introduction par la FAO en Algérie est la contribution à la diversité alimentaire du peuple et valorisation des sols et des eaux salés surtout dans les zones arides et semi-arides (ITDAS, 2015).

Notre but a travers ce travail est l'étude de son comportement dans les conditions de la wilaya d'Adrar (cas de la région de T'sabit) par un certain nombre de variétés pour distinguer ceux qui convient aux conditions de la région.

Synthèse bibliographique

I-Historique

Le Quinoa (*Chénopodium Quinoa .willd*) est une plante herbacée annuelle originaire de la région andine de l'Amérique du sud, et plus précisément des alentours du lac Titi caca. Cultivée depuis le niveau de la mer jusqu'à près de 4000 m d'altitude. Le quinoa est actuellement considéré comme une « pseudo céréale». (Herbillon, 2015).

D'après les témoignages historiques le quinoa aurait été domestiqué il ya plus de 7000 ans par les peuples andins par les peuples autochtones il ya plusieurs milliers d'années. Les plus anciens vestiges de quinoa ont été retrouvés à Ayacucho au Pérou et dataient de 3000 avant J-C, et en fin des traces ont été découvertes en Bolivie datant de 750 avant J-C (Galwey et al, 1990 in Herbillon, 2015).

Le quinoa est un des plus anciennes cultures dans le continent américain. Les archéologues ont trouvé au Chile que le quinoa était utilisé avant 3000 JC.A Ayacucho, Pérou évidement ont obtenu que le quinoa était cultivé avant 5000 JC. Généralement le quinoa était cultivé aux régions des endéans; au Colombie, Equateur, Pérou, Bolivie et Chili avant la conquête des espagnoles (Jancurova et al, 2009).

Les colons espagnols, arrivés dans ces contrées au début de 16ème siècle, n'avait pas trouvés ces cultures dignes d'intérêt et n'avaient donc pas jugé opportun d'en charger quelques quintaux dans les cales de leurs imposants navires. Alors que les descendants des Incas ont continué à cultiver la quinoa à travers les siècles, la « Graine des Incas» restée totalement méconnue sur le vieux continent. Jusqu'à récemment, lorsque l'on découvrit ses extraordinaires propriétés nutritives (Benoit; 2013).

Selon Vandewynckel (2015) la culture de quinoa est apparue en Europe début des années 2000. Plusieurs essais ont été menés avec des centres de recherche pour adapter la sélection des semences à des conditions pédoclimatiques de l'Europe. Actuellement, on retrouve du quinoa dans les pays comme la France, Grande-Bretagne, l'Allemagne et les Pays-Bas

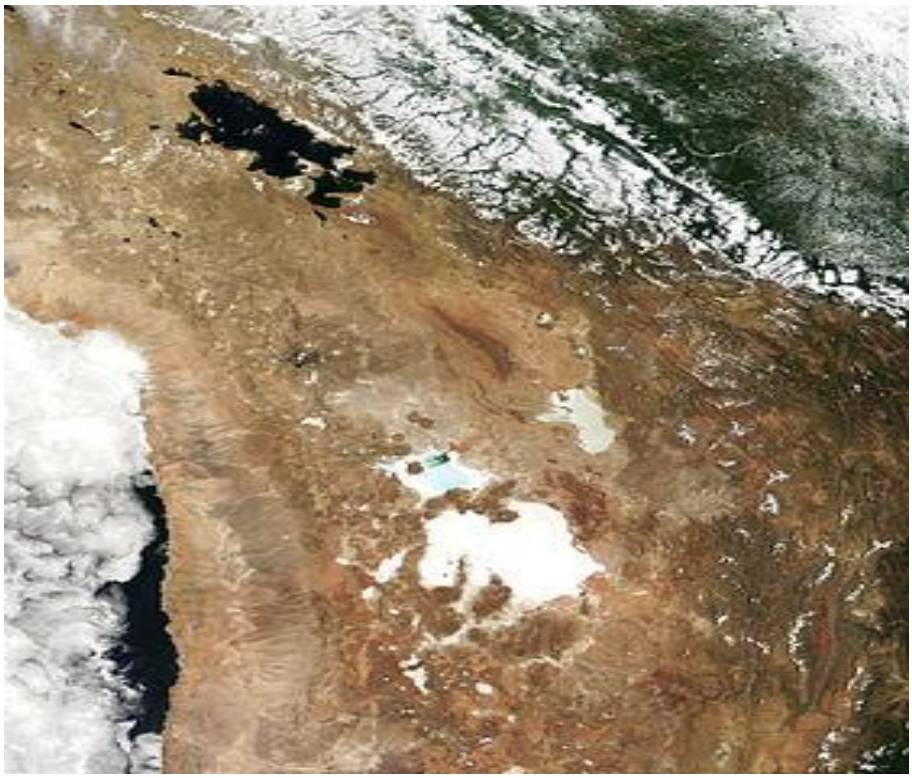


Figure 1: Vue de satellite de bassin du lac Titicaca (https://fr.wikipedia.org)

Figure 2: Lac Titicaca (www.globalement.com/quechuas-iles-lac-titicaca)

Le quinoa prend plusieurs noms communs selon la langue, la localité ou le pays. Les plus fréquents dans la littérature sont les suivants:

Tableau 1:Les noms les plus fréquents du quinoa.

Langue, localité ou pays	**Le nom**
Quechua	Kiuna, quinua, parca
Aymara	Supha, jopa, jupha, jauira, jiura, aara, ccallapi, vocali
Aztèque	Huatzontle
Chibcha	Suba, supha, pasca
Mapuche	Quinua,
Espagnol	Quinua, quinoa, quingua, quiuna, kinoa, triguillo, trigo inca, arrocillo, arroz del Peru, Dahuie, juba, ubaque, ubate, juira, suba
Indien	Bathu
Portugais	Arroz muidodo Peru, espina, espinafre do Peru, quinoa.
Anglais	Quinoa, quinua, kinoa, sweet quinoa, Peruvian rice, Inca rice, petty rice.
Français	Acériné quinoa, riz de Pérou, petit riz de Pérou, quinoa.
Italien	Quinua, chinua.
Allemand	Reisspinat, Peruanischerreisspinat, reismelde, Reis-gerwacks, Inkaweizen

Source (Bioversity international.org)

Botaniquement le quinoa appartient à l'ordre Caryophyllales (www.FAO.org/quinoa-2013). Le genre Chénopodium est un genre parmi les 103 genres constituants la famille des chénopodiacées qui sont aussi des plantes halophiles (espèces des milieux salés) (Messaili, 1995).

Il existe plus de 3000 variétés du quinoa, que se soit sauvages ou domestiqués (FAO.org-2013).

En cite quelques variétés;

Blanca Junin, Rasada Junin, Narinyou Amarilla, Marangani, Boliviana Jujuy, Kankolla, Cheweca, Blanca de Juli, Chucapaca, Rosada Cosco, Camacan II, Sajama, Mantaro, Salcedo INIA, Kamiri, Réal, Tahuaco i (Mejia, 1997).

Répartition géographique de la culture traditionnelle du quinoa

Figure 3: Carte de distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du Sud (www.researchgate.net)

L'assemblée générale des Notions Unies proclame 2013 «Année Internationale du quinoa » (Figure N°4) en l'honneur des peuples andins qui ont su, par leur savoir-faire et leur mode de vie en harmonie avec la nature, sauvegarder et préserver cet aliment pour les générations présentes et futures (FAO, 2012, 2013 in Herbillon, 2015).En faisant la promotion de ses qualités nutritionnelles, de ses bienfaits pour la santé et de sa capacité d'adaptation aux variations climatiques, l'ONU espère attirer l'attention du monde entier sur le rôle que pourrait jouer le quinoa dans la lutte cotre la faim et l'insécurité alimentaire (Herbillon, 2015).

Figure 4 : Slogan de la compagne pour l'année internationale du quinoa (Herbillon, 2015).

II-La culture de quinoa

Le quinoa est une plante proche parent d'une mauvaise herbe commune, le chénopode blanc (Chénopodium album. L) (Ferdinand et Mel, 1992). Cette mauvaise herbe dite localement Ghebbar Dahrou.

1-Classification scientifique

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsidae

Sous-classe : Caryophyllidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Chenopodiaceae

Genre : Chenopodium (Herbillon, 2015)

2-La morphologie de la plante

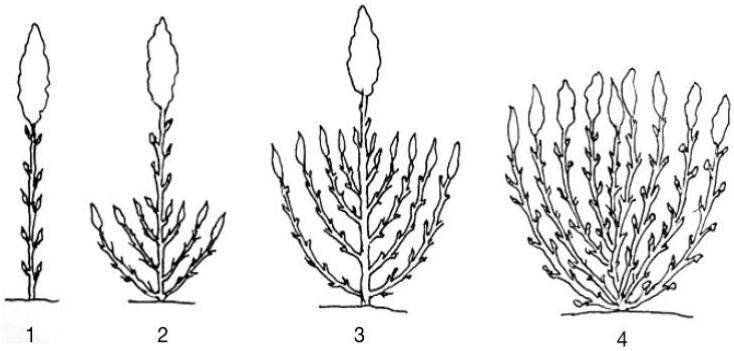


Figure 5: Port de la plante

1- Simple. 2- Ramification jusqu'au tiers inférieur.

3- Ramification jusqu'au deuxième tiers. 4-Ramification avec panicule principale non définie.

(Bioversity international.org)

Le système racinaire du quinoa est pivotant son pivot n'est pas puissant comme par exemple celui du colza (Cours.ifmadrid.com/prof).Le pivot peut atteindre 30 cm (Gandarillas 1979 in Rejaibi et al 2015). Le pivot vigoureux se divise pour donner naissance à des racines secondaires et tertiaires (Pacheco et Morlon, in Rajeibi, 2015p44).

La tige à une forme cylindrique ou angulaire (Bioversityinternational.org-2013). Une tige qui peut atteindre une taille 0.5cm à 1.5m selon les variétés et les conditions de croissance, porte des feuilles alternes. (http://jardins.nantes.fr)

Selon Rajeibi et al (2015) la hauteur de la plante de quinoa peut atteindre 2m. Et peut aller jusqu'à 3m selon Yazar (2014).

Les feuilles du quinoa sont alternées, ont un limbe en forme de losange, de triangle ou lancéolé, plat ou onduleux, charnu et tendre. Les feuilles d'une même plante sont de formes variées, celles de la tige principale étant plus langue que celles des ramifications. (www.researchgate.net 2008). Les feuilles de l'inferieur de la plante sont plus grandes (peut atteindre 15 cm de longueur) que les feuilles supérieurs qui sont plus petites, certaines ne dépassent pas 1 cm de longueur (Jacobson et Stolen, 1993 in Rajeibi et al, 2015).

Le quinoa présente des fleurs hermaphrodites disposées en inflorescence en grappes, considérées comme des faux épis (en parle de panicule). (www.researchgate.net 2008)

Figure 6 : Les différentes couleurs de panicules (www.befair.be)

La graine

Les grains de quinoa rassemblent à des petits disques aplatis d'environ 2 mm de diamètre (www.vulgarisation.net) et recouvertes de saponine (une résine amère qui éloigne les oiseaux) et n'ont pas besoin d'être traitées pour être cultivées. C'est pour quoi il est presque toujours commercialisé sous le label "agriculture biologique "

Les grains sont sans gluten et contiennent toutes les protéines essentielles à l'alimentation humaine (Moore, 2017)

Figure 7: Couleurs de grains de quinoa (https://bestquinoaandmore.com)

Selon Kabalane. M. R et Beridi. J (2016) les grains de quinoa prends des couleurs; blanche, rouge, jaune, noire, rose et violet. D'un diamètre de 2 à 3 mm (Chaherli et Saleh, 2015).

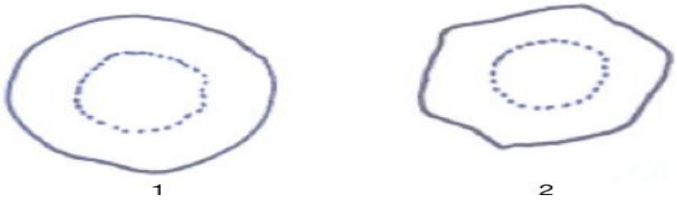


Figure 8: Forme de la tige principale (coupe transversal)

1-Cylindrique 2-Angulaire (Bioversity international.org)

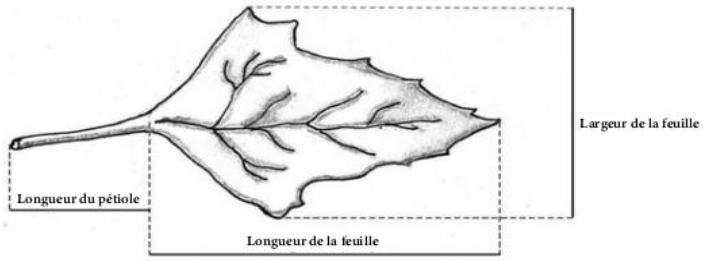


Figure 9: Dimensions de la feuille (Bioversity international.org)

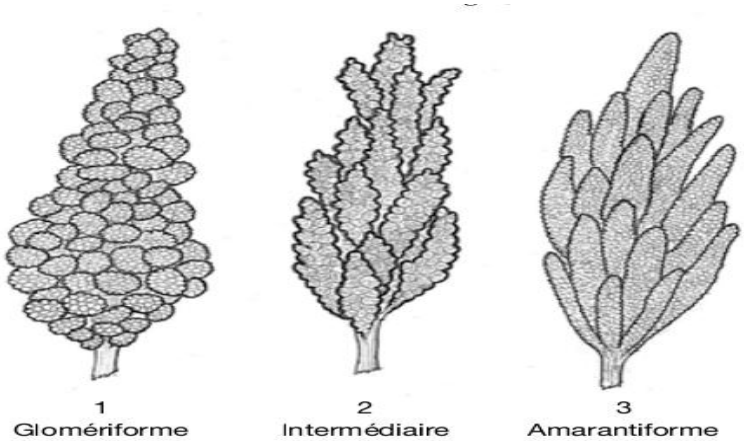


Figure 10: Formes de la panicule (Bioversity international.org)

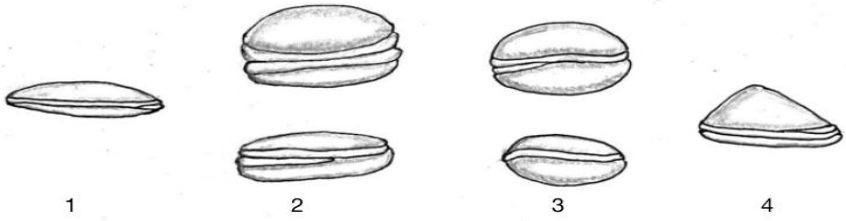


Figure 11: Formes du grain

1-Lenticulaire. 2-Cylindrique. 3-Ellipsoïdale. 4-Conique (Bioversity international.org)

3- La composition de grains de quinoa

3-1 La teneur en nutriment

Tableau 2 : La teneur en nutriment du quinoa en comparaison d'autres aliment (pour 100 g de poids sec)

Aliments / Eléments	Quinoa	Maïs	Riz	Blé
Energie (Kcal/100g)	399	408	372	392
Protéines (g/100g)	16.5	10.2	7.6	14.3
Lipides (g/100g)	6.3	4.7	2.2	2.3
Glucides totaux (g/100g)	69	81.1	80.4	78.4
Fer (mg/100g)	13.2	2.1	0.7	3.8
Zinc (mg/100g)	4.4	2.9	0.6	4.7

Source (Koziol ,1992 in Chiara et al 2013)

3-2 Les minéraux (tableau 3 et 4)

Tableau 3: Teneur en minéraux du quinoa en comparaison d'autres cultures (mg/100g).

Cultures / **Minéraux**	Quinoa	Blé	Orge	Riz	Maïs
Calcium	60	25	29	60	7
Phosphore	410	332	221	136	210
Fer	9	4	3	4	3
Sodium	21	2	9	5	3.5

Source (USDA, 2005 in El Hafid 2005)

Tableau 4: Teneur en Potassium, Cuivre et Magnésium (mg/kg) .

Cultures / Minéraux	Quinoa	Blé	Riz	Orge
Potassium	9267	5783	1183	5028
Cuivre	51	7	2	3
Magnésium	2496	1694	735	1291

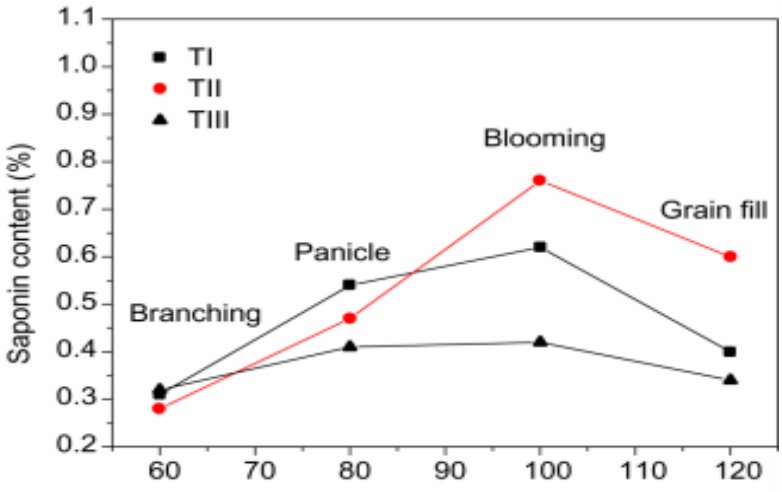
Source: Jancurova et al (2009).

3-3Les fibres alimentaires

Le quinoa peut constitue une meilleur source des fibres alimentaires (Ritva et Astuhuaman, 2011).

3-4 Le saponine.

La saponine est un ensemble des molécules totalement naturelles produites par certains animaux et certaines plantes (quinoa, lierre, soja, salsepareille, etc.) Elle peut être plus ou moins toxique selon sa provenance et le type de saponine. Cependant, elle ne représente aucun danger pour l'Homme et est seulement dangereuse pour certains animaux à sang froid comme les poissons ou les insectes s'ils en consomment des grandes quantités. (www.le monde du quinoa.fr)



Jours après le semis (http://hort.purdue.edu)

Figure 12 : Taux de saponine selon le stade de développement.

Le taux de saponine dans les grains du quinoa est de 0.01 à 7 % (Kabalane. M. R et Beridi. J, 2016).

Tableau 5: Le taux de saponine dans quelques variétés du quinoa.

Variétés	Q101	Q102	Q103	Q104	Q105
Taux de saponine (%)	7	7	3	0.348	0.002

Source (ITDAS Catalogue, 2017)

4-Exigences de la plante

4-1 Les exigences climatiques

Les végétaux comme les animaux ont des exigences spécifiques qui définissent leurs aires géographiques de répartition (PREVOT, 1990 in Hadj Hammou, 2000).

4-1-1 La température

Selon Kabalan et Beridi (2016), la température optimale pour le développement du quinoa comprise entre +4°c et 35°c, la plante devient sensible à la basse température (moins de 0°) aux stades 2 feuilles et 6 feuilles ainsi à la haute température (+35°c) au stade floraison.

4-1-2 L'eau

Selon Zaki (2015) le quinoa a besoin d'un tiers de ce qu'exige le blé en eau. Parmi ses caractéristiques le quinoa ne demande pas des grandes quantités d'eau puisque c'est une plante s'adapte à la sécheresse (ITDAS, 2017).

D'après Chiara et al (2013) la plante de quinoa à un mécanisme physiologique qui lui permet de tolérer et résister à la sécheresse.

4-1-3 L'éclairement

Il existe des variétés de jours courts, jours longues ou insensibles pour le photopériodisme Chiara et al (2013).

4-2 Les exigences agrologiques

Selon Chiara et al (2013) le quinoa est une plante de différents climats; désertique; chaud et sec, froid et sec, tempéré à haut tau d'humidité: il existe des variétés qui s'adapte au chaque climat.

4-2-1 Le sol

Les sols préférés pour la culture du quinoa sont les sols légers bien drainés riche en matière organique, mais la plante peut se développer dans des sols pauvres et salins avec un ph comprise entre 4.8 et 8.5 (Yazar2014). Selon Moore (2017), le quinoa préfère les sols sableux (Moore, 2017).

4-2-2 Les élément fertilisants

Selon ITDAS (2014) les éléments fertilisants sont apportés comme suite:

-L'azote 10kg pour 500m^2 soit 02 q/ha fractionné en trois apports;

-Au stade deux feuilles vraies

-Au stade ramification

-Au stade grain laiteux.

-Phosphore (TSP) 10 kg pour 500 m^2 soit 02 q/ha

-Potassium (sulfate de potassium) 05 kg pour 500 m^2 soit 01 q/ha.

5-Le Semis. Selon Lebonvallet (2008) le semis du quinoa s'effectue manuellement ou mécaniquement par un semoir muni d'un soc. Les graines sont semi en poquet ou en sillons avec une dose de semis de 8 à15 kg/ha et profondeur de 02cm, et 1.5 cm (tech-n-bio.com).

6-La durée du cycle de développement

Selon A Vega-Gàlvez et al (2010) le cycle de culture peut prendre 08 mois (240 jours) sur les hauts Andine, mais il peut prendre 04 mois (120 jours) dans les zones arides de Chili.

Il existe des variétés précoces (100 à 120 jours), semi-précoces (150 à 160 jours) et tardives (180 à 200 jours) Kabalane et Beridi (2016)

Plante annuelle à cycle court de 90 à 120 jours de croissance. Il faut compter entre 160 et 180 jours entre l'ensemencement et la récolte (ITGC 2014).

7-La Récolte

La récolte du quinoa s'effectue manuellement ou mécanique par la moissonneuse du blé avec quelques réglages (Kabalane et Beridi, 2015). Par arrachage ou coupage selon l'état du sol (Lebonvallet, 2008).La récolte pré-séchage il fout sécher jusqu'à 12 % d'humidité (www.tech-n-bio.com).

8-La place dans la rotation

Selon le Bonvallet (2008), la culture du quinoa devient en tête de rotation, exemple:

Quinoa-orge-jachère. Ou après blés, luzerne ou légumineuse à graine.

9-Les rendements

Le rendement de quinoa grains est variable selon les variétés et les conditions climatiques et agrologiques de 4 à 20 q/ha (Lebonvallet, 2008). Entre 5 et 20 q/ha (tech-n-bio.com). Le rendement varie entre 18 et 45 q/ha dans des essais menus au Liban (Kabalane et Beridi, 2016).

10-Les principaux ennemis de la culture. Par ennemis des cultures, il fout entendre tout être vivant (animal, végétal ou virus) susceptible de nourrie aux cultures soit directement soit indirectement (Fournier et Bonderf, 1983 in Hammou, 2000). Selon Jacobsen (2003), Fazon (2016), Jan et al (2016) et Ruiz (2014) le mildiou est la maladie fongique le plus important qui attaque le quinoa causé par Peronospora farinosa, l'excès d'humidité favorise l'installation du la maladie. L'utilisation de bouille bordelaise est un moyen de lutte (Jan et al, 2016).

Altises, pucerons et moineaux sont les principaux ravageurs du quinoa causés des dégâts importants surtout pour le semis tardif (Fazan, 2016) et (Jan, 2016). Le papillon de nuit (Eurysacca melanocampta. Meyrik) et Ticona complex à son état larvaire sont nuisible au plante de quinoa (FAO, 2011 et Ruiz, 2014). L'utilisation des bio-pesticide et les ennemis naturels sont des moyennes de lutte (FAO, 2011).

11-Les opérations poste-récolte

Après la récolte, les plantes sont subi une série des opérations pour que le quinoa comme suite:

Collection des plantes récoltés → Pré-séchage → Stockage dans un endroit ensoleillé → Battage → Nettoyage → Séchage → Stockage des grains → Dé saponification (Mujica, 1993 in Dominguèz. 2003).

12-Les pertes du rendement

Selon Dominguèz (2003) Les pertes de la production au cours de poste-récolte peuvent atteindre 40 % par les causes cités dans le tableau suivant:

Tableau 6: Les causes des pertes de production de quinoa.

Causes	Nature de perte
1-directes	
Récolte tardive	Attaques de moineaux ou autres animaux (perte de quantité et qualité).
Récolte au moment des pluies	Germination des grains.
Séchage insuffisant	Développement des moules, apparition des insectes et changement de couleur et l'odeur (perte de qualité).
Battage inadéquate	Cassure de grains, favoriser l'apparition des insectes (perte de quantité et qualité).
Stockage dans lieux pauvres (manque d'aération, excès d'humidité…)	Favorise un siège pour multiples acteurs nuisibles; les insectes, rongeures ou autres animaux nuisibles (perte de qualité et quantité).
Décorticage insuffisant	Qualité
Mauvais (transport et emballage)	Perte de production
2- indirectes L'insuffisance	Capitale-Itinéraire technique-Mécanisation Pesticides-Emballage-Transport-Organisation

13-Répartition géographique de la culture de quinoa actuellement

Le quinoa était cultivé originalement au sud de l'Amérique depuis longtemps, de la Colombie vers le Chili, mais principalement au Bolivie, Pérou et Equateur. Aussi à moindre échelle aux Etats Unis, Canada, Kenya, Inde, Népal, Emirats Arabes Unis et aux divers pays européens; Angleterre, France, Danemark, Suède, Pays-Bas et l'Italie (www.giz.de).

Selon la base de donnés Faostat, la superficie de culture de quinoa et la production mondiale dans les principaux pays producteurs de quinoa, La Bolivie, Le Pérou et l'Equateur, sont augmentées en double et triple entre les années 1992-2010. La culture du quinoa actuellement existe dans plus de soixante dix pays à travers le monde. (www.afkar-sy.com).

L'introduction du quinoa au pays de Proche-Orient et l'Afrique du nord était fait par un projet de la FAO en 2014, les pays concernés par ce projet sont: Algérie, Egypte, Iraq, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen (ONU Algérie, 2014).

14-La production mondiale de quinoa actuellement dans le monde

La production mondiale est de 80 000 tonne/an, 90 % proviennent de pays situés dans les Andes: la Bolivie et le Pérou, 6 % des Etats Unis (German, 2018)

III-UTILISATION DE QUINOA

1-Alimentation humaine.

Avant toute utilisation de grains de quinoa il fout l'enlèvement de saponine (El Hafid, 2005). Les grains du quinoa sont utilisés pour préparer des repas après l'enlèvement du saponine , en l'ajoute au menu des salades, du viande, du poulet et du poisson, il peut aussi utiliser pour préparer des gâteux (Kabalane et Beridi, 2016). Ces graines (du quinoa) constituent une bonne source de magnésium, de zinc, de cuivre, de potassium et de manganèse. Les graines du quinoa sont consommées comme le riz ou transformées en farine pour la fabrication des pains, pâtes, bière, etc. Ses feuilles sont aussi utilisées comme les épinards dans l’alimentation humaine (Sibomana, 2017).

2-Domaine de la santé

Le quinoa ne contient pas de gluten. (Chaherli et Saleh, 2015). Le quinoa dépourvu de gluten et cholestérol (Aissa, 2014).

Selon Rodriguèse (2015) le quinoa serve une alimentation sanitaire pour les diabétiques et ceux souffrent du cœliaque. C'est un bon aliment pour les gens souffrir de diabétique, et est un moyen de lutter contre la maladie du céliaque et aussi diminue les problèmes cardiaux-vasculaires (Gordillo et al 2016).Des composés extrais de la saponine de grains de Chénopodium quinoa ont une action anti-obésité (Marrelli et al, 2016). Un composé présent dans le quinoa permettrait de ralentir le vieillissement et d'améliorer la santé métabolique (Pouyat, 2018).

Selon Cauda et al (2013, in Rajeibi et al ,2015) et Chaherli et Saleh (2015) les feuilles, les tiges et les grains du quinoa sont utilisées pour un but médicinal depuis long temps par les habitants des Andes à fin de guérir les blessures, réduire l'enflure, calmer la douleur des dents et désinfecter le canal urinaire. Elles sont aussi utilisées dans les cas de saignement et comme insecticide. Les minéraux existants dans le quinoa sont importants pour le renouvellement des cellules du corps humain et pour le développement des tissus (Aissa, 2014).

La plante du quinoa contient aussi des fibres alimentaires nécessaires à la santé humaine (Bhargava et al, 2006 in Rajeibi et al, 2015). Le quinoa est reconnu par ses propriétés anti inflammatoires, anti cancérigène et anti virales

3-Aliment de bétail. Le quinoa peut être utilisé dans plusieurs domaines comme un aliment pour les bétails (Cornai et al, 2007. Cauda et al, 2013 in Rejaibi et al, 2015).

Selon Rodriguèz (2015), Belaid (2017) Chaherli et Saleh (2015) la plante de quinoa serve un aliment très riche pour les animaux.

Le rendement biomasse verte était également élevé, indiquant le potentiel du quinoa comme plante fourragère alternative pour les zones affectées par la salinité. Les résultats obtenus aux Emirats Arabe-Unis pendant la saison 2012/2013 atteint une production de 7,5 tonnes/ha, et augmente 10,5 tonnes/ha la saison 2013/2014 malgré la salinité élevée des eaux d'irrigation (Belaid, 2017). La plante est utilisée entièrement ou partiellement comme fourrage vert pour les animaux, et aussi résidus de récolte constituent un aliment riche pour

les bovins, les ovins et les volailles domestiques à cause de son haute valeur nutritive (Daws et Al Moallem, 2017).

4-Intérêt scientifique

En 1993, la NASA a déclaré le quinoa comme plante idéale pour des missions dans l'espace, c'est ce qui a rendu le quinoa mondialement célèbre (German, 2018)

5-Ecologie

Dans les conditions de changement climatiques (sècheresse, manque de pluies et l'augmentation de salinité du sol) qui influe sur la production des céréales traditionnels (blé, riz et l'orge) la culture du quinoa peut jouer le rôle de céréale substitutionnel puisque il peut se développer dans ces conditions, il offre ainsi un plus de l'alimentation et la possibilité d'exploiter les sols salés et secs (agronomie.inf). Les résultats obtenus aux Emirats Arabe-Unis montrent que le quinoa peut être utilisé pour réhabiliter les exploitations abandonnés du fait de la forte salinité sur les cultures traditionnelles (Belaid, 2017).

6-Domaine cosmétique

Les experts en nutrition considèrent le quinoa parmi les meilleurs produits antioxydants qu'on peut utiliser dans notre ration alimentaire, et est un meilleur collègue pour les végétariens. Aussi le quinoa a beaucoup d'utilisation dans le domaine des produits cosmétiques (Al Arabiya, 2015). Et si le quinoa n'avait pas révélé tout son potentiel ? Au-delà de ses vertus nutritionnelles adaptées aux régimes sans gluten, il pourrait apporter une importante source de molécules naturelles pouvant être exploitées pour des applications cosmétiques (http://formule-verte.com/cosmetique).

7-L'industrie

Selon Chaherli et Saleh (2015) le quinoa entre dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Egalement pour l'extraction des huiles alimentaires et fabrication de farine panifiable en mélange avec la farine du blé (Zaki, 2015).

Le poudre contient de saponine est utilisé dans la fabrication de savon, champoings, dentifrice et dans produits détergents (Rojas et al, 2004).

IV-Le marché mondial du quinoa

1-Les pays producteurs du quinoa. Les principaux pays producteurs sont: La Bolivie, Le Pérou et L'Equateur. Aux Etats-Unis d'Amérique, en France, en Angleterre, en Suède, au Danemark, en Hollande et en Italie, ainsi qu'au Maroc, en Egypte, au Kenya et dans le nord de l'Inde, des exploitants ont aussi commencé à cultiver cette plante, et ce avec de plus en plus de succès.(Abha, 2015)

Tableau 7: Production de quinoa chiffres 2004 et 2010 (tonne).

Année / Pays	2004		2010	
	Production	(%)	Production	(%)
Pérou	27040	52	41079	58
Bolivie	24688	47	29500	41
Equateur	641	1	840	1
Total	52396	100	71419	100

Source (wikipedia.org).

2-Les principaux pays exportateurs du quinoa au monde

La Bolivie, Pérou, Equateur et Etats-Unis d'Amérique sont les pays principaux exportent le quinoa

Tableau 8: Principaux pays exportent le quinoa (tonne)

Année / Pays	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Bolivie	10585	10429	14522	15519	20366	25899
Equateur	331	118	46	38	100	460
Pérou	1347	2096	2652	4763	8020	10275
Sous total des pays andins	12263	12643	17220	20320	28486	36634
Etats-Unis	/	/	/	/	/	3356

d'Amérique						
Autres	/	/	/	/	/	266
Total	/	/	/	/	/	40256

*Les données ne sont pas disponibles avant 2012 que pour Bolivie, Pérou er Equateur

Source: FAO report 2013.

3-Les principaux pays consommateurs du quinoa au monde

Les premiers consommateurs sont les Etats-Unis d'Amériques et l'Europe qui représentent également les principaux marchés d'exportation (Nicolova, 2013).

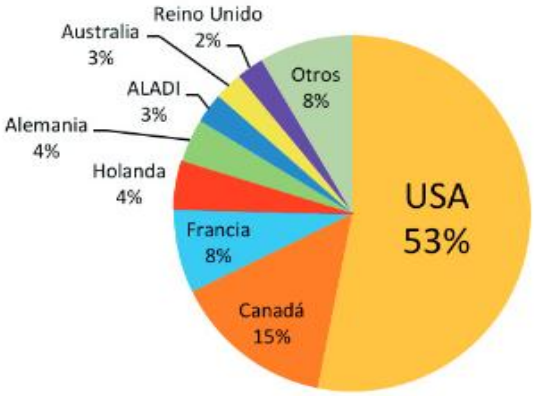


Figure 13: Principaux pays importateurs du quinoa au monde en 2012 (Fagandini, 2014).

4-Les prix.

Tableau 9: Les prix d'exportation du quinoa 2007-2014 pour les principaux pays producteurs Pérou, Bolivie et Equateur.

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
US $ /tonne	1200	2000	3000	3000	3100	3000	4000	6700

Source Diaz (2015).

DEUXIEMEE PARTIE:
MATERIEL ET METHODES

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODE

1-Objectif de l'essai

L'objectif de présent essai est l'étude de comportement variétal du quelques variétés de quinoa (Sajama, Giza1, Q103, Q105, Q101 et Q18) dans les conditions de la wilaya d'Adrar par le semis de quelques variétés pour distinguer ceux qui convient aux conditions de la région.

2-Données sur la Wilaya d'Adrar :

2-1Présentation général. Issue du découpage administratif de 1974, la Wilaya d'Adrar s'étend sur la partie du sud ouest algérien et couvre une superficie globale de 427.968 km² soit 17,98 % du territoire national, pour une population estimée à 389.898 habitants au 31.12.2007. La densité est de 0,91 habitant /km².

Composée de 11 Daïra regroupant 28 communes et 294 ksours éparpillés sur son vaste territoire (tout au long de l'Oued Messaoud et en bordure de la Grande Sebkha de Timimoune), tous occupés.

La population du Chef lieu de Wilaya ne représente que 14 % de la population totale

Quatre grandes zones constituent le territoire de la wilaya à savoir :

- Le Gourara : région de Timimoune
- Le Touat : région d'Adrar
- Le Tidikelt : région d'Aoulèf.
- Le Tanezrouft : région de Bordj Badji- Mokhtar

Source (DPATA, 2007)

2-2Milieu physique.

2-2-1 Le Relief: La wilaya d'Adrar se caractérise par un relief d'aspect désertique se subdivisant en 03 grands ensembles Géomorphologiques que sont:

A/Les Plateaux : Couvrent de très grandes surfaces et sont constituées de formation géologiques différentes.

-Crétacé inférieur du continental intercalaire.

-Crétacé supérieur secondaire marin

-Mio-Pliocène

Comme exemple : Le plateau du Tanezrouft.

B/Les Ergs : Massifs dunaires s'étendant sur prés de la moitié de la wilaya. Ils se sont formés au cours des temps quaternaires tels que le Grand Erg Occidental et l'Erg Chech.

Véritables curiosité touristique dans la région du Gourara en particulier.

C/ Les Sebkha : Correspondants aux puits les plus bas et appartiennent généralement aux anciens lits d'oueds très larges, elles sont formées de dépôts cofluviatiles gypseux.

La sebkha de Timimoune, la sebkha de Timoktène, de Bouda …

2-2-2 Climatologie :

Le climat de la wilaya d'Adrar est composé de 02 zones climatiques distinctes :

-Une zone semi désertiques qui part de Timimoune vers Béchar.

-Une zone désertique partant de Timimoune vers Timiaouine.

A/Les Températures : La wilaya d'Adrar enregistre des écarts de températures considérables. En été les températures sont maximales jusqu'à 45°C (juin, juillet et août).

En hiver les températures peuvent atteindre parfois les 0°C en décembre et janvier.

B/Les Vents : La fréquence des vents est très grande durant toute l'année, notamment le sirocco dont la vitesse peut atteindre les 100km/h.

Généralement, la saison du printemps (mars-avril), connaît une fréquence plus grande de vents de sable.

C/ La Pluviométrie : Extrêmement faible, à l'exception de la région de Timimoune, qui enregistre parfois de fortes chutes de pluie, dues essentiellement à sa situation géographique limitrophe avec la wilaya de Béchar. Pluviométrie annuelle moins de 100 mm.

D/L'Hydrologie : La quasi-totalité des besoins en eau de la wilaya, sont satisfaits grâce à l'existence de la nappe du continental intercalaire et le mio-pliocène. L'eau est puisée dans les nappes par foggara ou forages.

E/La Végétation : La végétation est concentrée dans les périmètres irrigués .Ces derniers

étant constitués principalement de palmiers à l'ombre desquels se développe une agriculture oasienne vivrière.

Il faut aussi signaler le développement de la culture sous pivot qui a donné une extension à la superficie verte de la wilaya. (DPATA, 2007)

3-Localisation du site d'essai

Les essais sont déroulés dans la ferme expérimentale de l'ITDAS se situe à la commune de S'baa à 40 km au Nord Ouest de la ville d'Adrar chef lieu de la wilaya. Les coordonnées géographiques sont : Altitude : 250 m, Latitude : 28^0 $12^{'}$ $43^{''}$ nord et Longitude : 0^0 $10^{'}$ $30^{''}$. (Google earth.com).

4-Conditions climatiques

Durant les trois années précédentes ; 2014,2015 et 2016 la moyenne mensuelle des données climatiques enregistrées sont mentionnées sur le tableau

Tableau 10 : Données climatiques des années 2014, 2015 et 2016

MOIS	Température moyenne de l'air °C	Humidité relative de l'air %	Vitesse moyenne du vent (Km/jour)	Insolation (nombre d'heures/jour)
Janvier	14,72	62,72	117,61	6,96
Février	15,64	54,54	126,43	7,58
Mars	19,07	49,06	133,68	9,05
Avril	26,88	34,02	127,87	9,42
Mai	31,32	35,90	148,33	10,40
Juin	27,22	31,16	136,88	7,36
Juillet	38,33	32,20	144,17	10,04
Août	37,19	37,99	140,17	8,92
Septembre	34,90	40,69	131,71	6,76
Octobre	28,97	43,91	130,51	7,86
Novembre	21,15	55,39	127,31	6,43
Décembre	14,49	68,74	140,34	7,09

Source : INRAA. Adrar(2018)

4-1La température: les mois plus chaud sont; Mai, Juillet, Août et Septembre où la moyenne est plus de 30 ^{o}c avec un maximum de 38,33 ^{o}c mois de juillet.

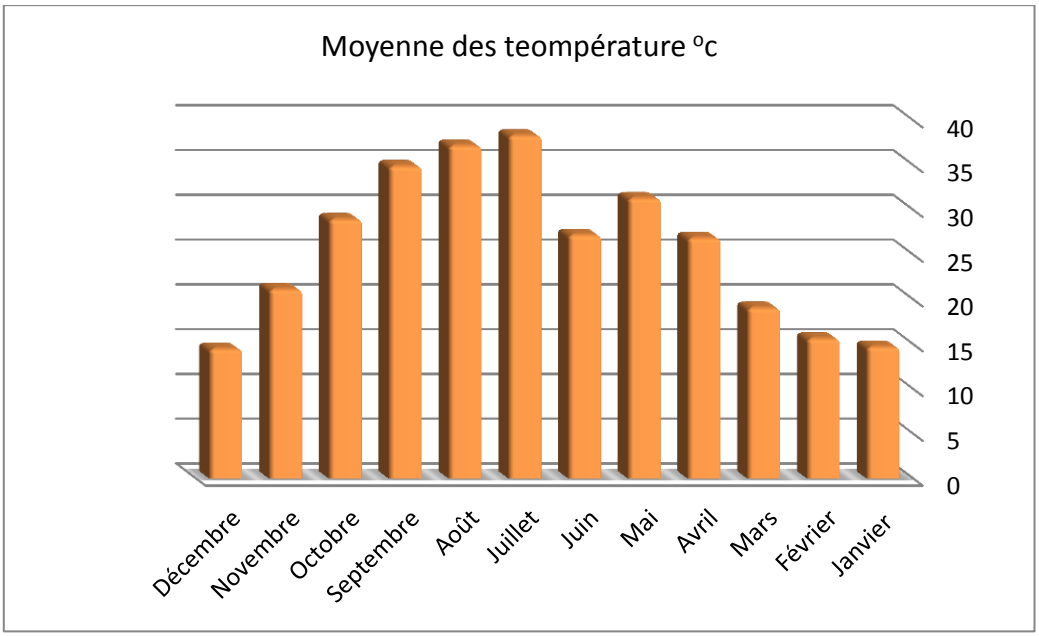


Figure 14 : Moyenne des températures des années 2014, 2015 et 2016

En remarque une température baisse au mois de juin ce qui est anormale (27,22 °c) c'est peut être dû au phénomène de changement climatique.

4-2L'humidité relative: Taux d'humidité est important pendant les mois; Novembre, Décembre, Janvier et Février où elle dépasse 50 % et atteindre même 68,74 % mois de décembre.

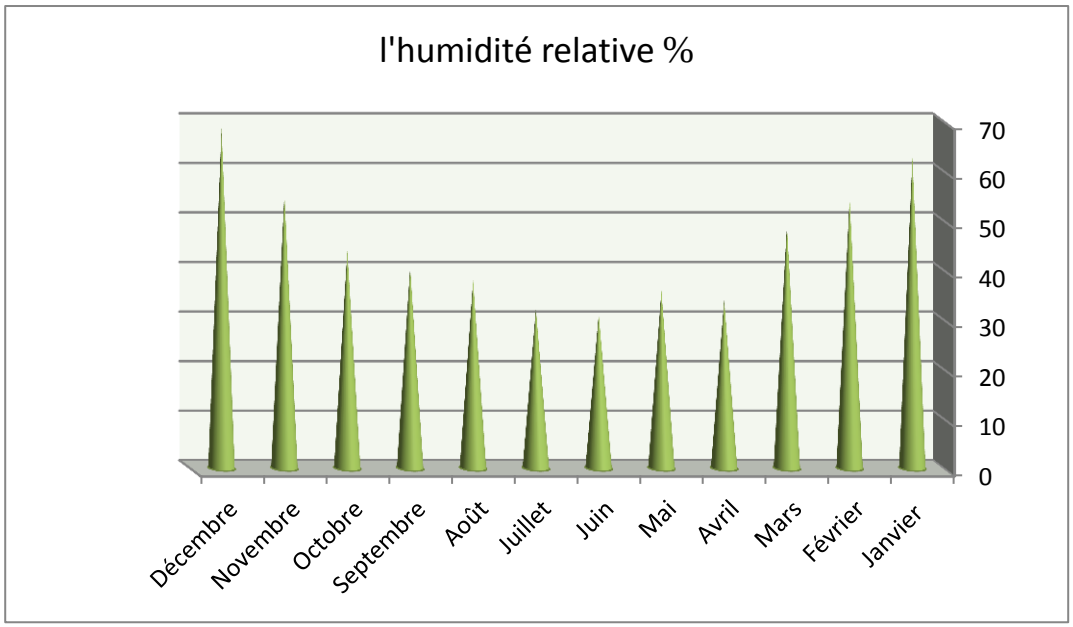


Figure 15 : Moyenne de l'humidité relative des années 2014, 2015 et 2016

4-3La vitesse du vent: la vitesse de vent est variable au cours de l'année, entre 117,61 km/j et 148,33 km/j (la plus grande quantité enregistrée le mois de mai).

4-4La durée d'ensoleillement: Le nombre des heurs d'insolation augmentent dés le mois de Mars jusqu'au mois de Juillet de 9,05 heurs/ jour à 10,04 heurs/ jour. Pour les jours courts le nombre est de 6,43 heurs/ jour mois de novembre à 7,58 heurs/ jour mois de Février.

5- Données climatiques de la compagne de l'essai (2017/2018).

5-1Moyennes mensuelle des Températures

Tableau 11 : Températures de la compagne d'essai 2017/2018

Mois	Moyenne T^{o} Max	Moyenne T^{o} Mini
Octobre 2017	31.77	17.85
Novembre 2017	27.5	11.05
Décembre 2017	21.03	6.45
Janvier 2018	23.29	7.64
Février 2018	23.10	8.10
Mars 2018	29.64	12.67

Source: www.accuweather.com

Les températures maximales (moyennes mensuelles) durant le cycle de développement du quinoa ne dépasse pas les 32 ^{o}c, le max des maximums ont été enregistrées le mois d'octobre 2017; 31.77. Les températures minimales (moyennes mensuelles) comprise entre 17.85 ^{o}c (enregistrées le mois d'octobre 2017 comme maximum des minimums) et 6.45 ^{o}c (enregistrées le mois de décembre 2017 comme minimum des minimums). Selon Bazile (2013) la plante du quinoa s'adapte aux températures de – 8 ^{o}C à +38 ^{o}C.

Si en fait une comparaison entre les températures moyennes des années 2014, 2015 et 2016 avec ceux de la compagne d'essai (2017/2018) comme dans le tableau suivant;

Tableau 12: Comparaison des moyennes des températures

Années / Mois	Moyenne 2017	Moyenne de 2014, 2015 et 2016
Octobre	24.81	28.97
Novembre	19.27	21.15
décembre	13.74	14.49
Janvier	15.46	14.72
Février	15.6	15.64
mars	21.15	19.07
Somme des moyennes	110.03	114.04
Moyen des moyennes	18.33	19

En remarque que la somme des moyennes et la moyenne des moyennes de la compagne d'essai sont inferieurs aux ceux des compagnes précédentes.

5-2Pluviométrie, Vitesse de vent et humidité relatif

Tableau 13: Pluviométrie, Vitesse de vent et humidité relatif (durant le cycle végétatif)

Mois	Pluviométrie (mm)	Vitesse de vent km/h	Humidité (%)
Octobre 2017	00	20.9	39.7
Novembre 2017	00	16	28.8
Décembre 2017	12.2	20.6	27.3
Janvier 2018	00	20.4	21.4
Février 2018	3.05	18.7	25.8
Mars 2018	00	18.9	15.7

Source: https://fr.tutiempo.net

La pluviométrie pendant le cycle de développement était plus faible, uniquement deux fois; l'un au mois de décembre 2017 avec une densité de 12.2 mm et l'autre au mois de février 2018 avec une densité de 3.05 mm.

La vitesse de vent enregistrée pendant le cycle de développement était variable entre une vitesse de 16 km/h pendant le mois de novembre 2 017 et 20.9 km/h mois d'octobre 2017.
L'humidité relative enregistrée le mois d'octobre (39.7%) c'était le taux la plus élevée durant le cycle de développement, tan disque le taux le bas enregistré le mois de mars 2018 (15.7 %). En peut dire que la période de développement du quinoa c'était sèche.

6-Conditions pédologiques

Les essais sont effectués sur une parcelle à texture du sol sableuse. Le pH est alcalin (8,06) et la conductivité électrique (CE) est 4,25 ms/cm.

7-Le précédent cultural

Le terrain de l'essai était une jachère travaillée.

8-Dispositif expérimental (page 30).

L'essai a été mené suivant un dispositif en blocs aléatoires avec trois répétitions. Les dimensions des parcelles élémentaires sont 2 m x 1,6 m avec 5 lignes pour chacune, espacées de 100 cm. L'espacement entre plants et 20 cm.

9-Matériel végétal

Six (06) variétés du Quinoa ont été testées dont trois variétés ; Sajama, Q18 et Giza 1 sont précoces et les autres ; Q101, Q103 et Q105, sont semi tardives.
Source de ces variétés est l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS) de Biskra, récolte de l'année 2017.

10-Autre matériel

1-Balance de précision: Pour faire les pesages nécessaires.

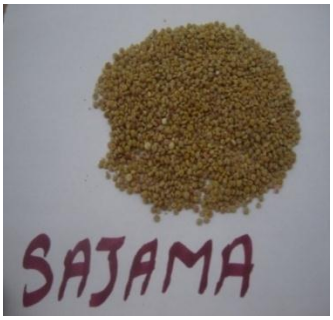
2-Verre graduée: Pour calculer les quantités d'eau apportée durant le cycle de développement des plantes dès le semis jusqu'à la maturité.

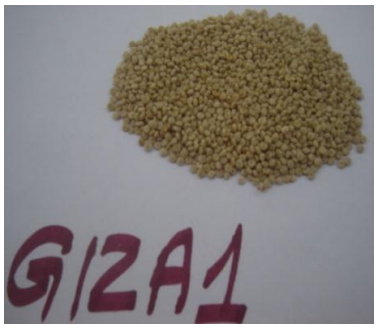
3-Mètre: Outil de mesure des distances.

4-Un sécateur pour faire des coupages.

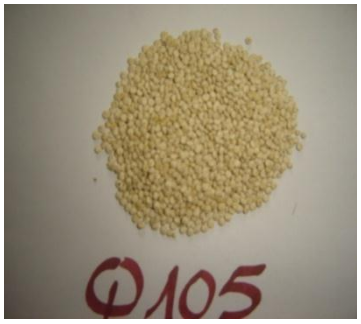
5-Tracteur et outils (charrue à soc et cultivateur à dent). Pour les travaux du sol.

Le matériel végétal





Figures: 16, 17 et 18: Les variétés; Sajama, Q18 et Giza1



Figures: 19, 20 et 21: Les variétés; Q101, Q103 et Q105

Autre matériel

Figure 22: Balance de précision, sécateur et mètre

Figure² 23: Verre gradué

Figure 24 : Tracteur

Dispositif expérimental

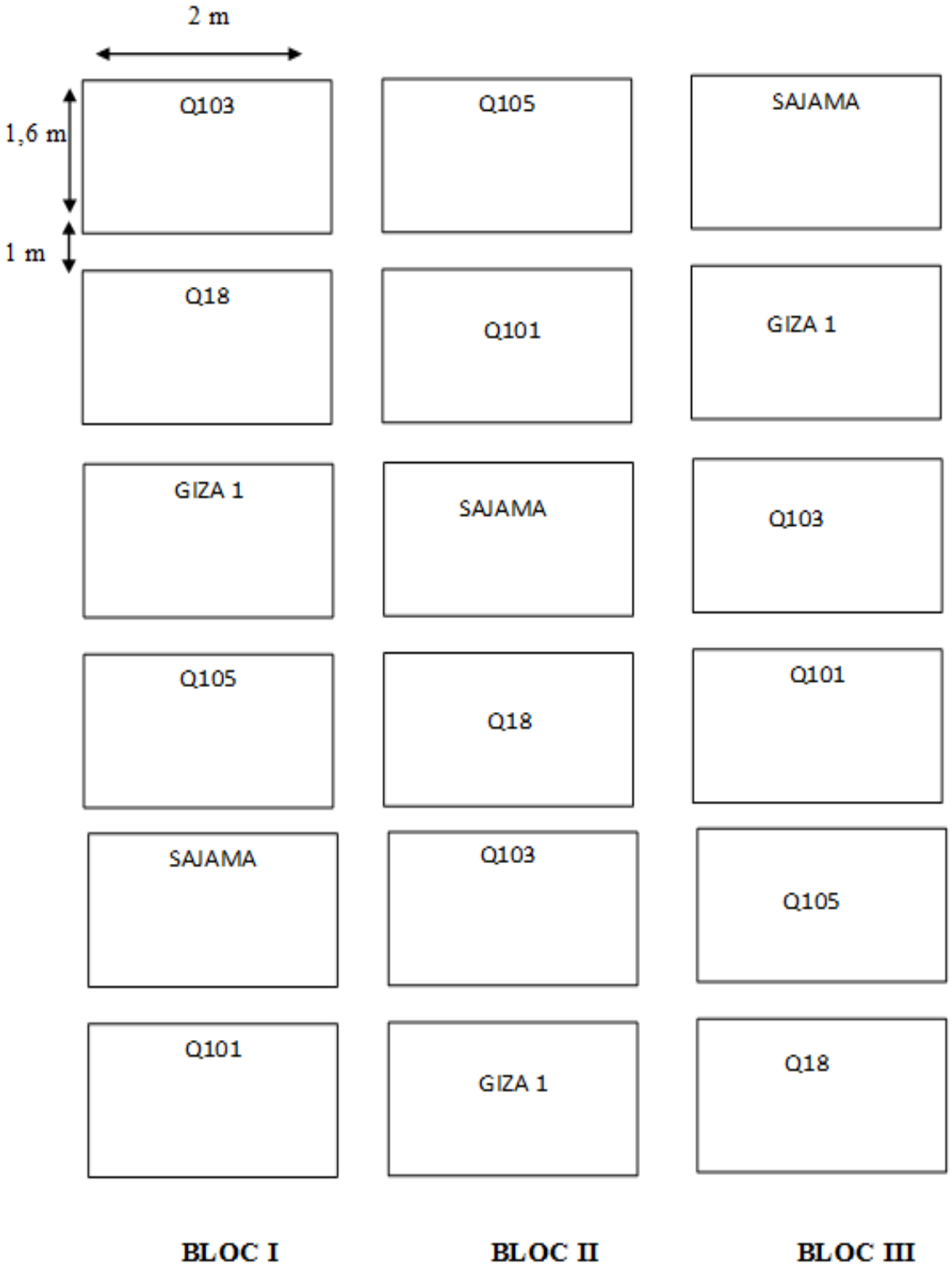


Figure 25: Dispositif expérimental

11-L'eau d'irrigation est caractérisée par un pH = 7,39 et une salinité = 3,04 g/l

12-Opérations culturales

1-Le labour est effectué le 20 septembre 2017 par une charrue à soc à une profondeur de 30 cm après pré-irrigation.

2-Le semis est réalisé manuellement le 19 octobre 2017 avec une dose de 03 grains par pouquet, soit 1.782 kg/ha.

3-La fertilisation chimique est effectue juste avant le semis pour la fumure du fond: à raison de 04 quintaux /ha sous forme de NPK.

4-La fumure de couverture est fractionné en 03 apports (02 quintaux /ha) sous forme de l'urée 46 %.

5-Le désherbage est effectué manuellement plusieurs fois entre les parcelles et entre les lignes, chaque fois qu'il est jugé nécessaire.

6-L'irrigation est assurée par le système goutte à goutte

7- La récolte était faite manuellement pour chaque variété après la maturité

13-Notation et suivi de l'essai

Les travaux expérimentaux effectués sont les suivants:

1- Le comptage de nombre des plants levés /m^2. Cette opération est effectuée au stade levée, elle consiste au comptage des plantes levées dans chaque parcelle.

2-Mesure de la langueur de la plante sont faites à l'arrêt de la croissance, neuf (9) échantillons pour chaque variété ont été choisis en évitant les bordures.

3- Le poids de panicule principale est réalisé par la pesée de neuf (9) panicules principales de chaque variété.

4-La mesure de la longueur de la panicule principale est effectuée en mesurant la longueur de la panicule principale pour neuf (9) panicules de chaque variété**.**

5- Les poids des grains d'une panicule est effectué après la moisson et le battage en prenant neuf (9) panicules pour chaque variété et les passer à la balance de précision pour peser le poids des grains de chaque panicule.

6- Pour chaque parcelle de chaque bloc, nous avons compté le nombre des plants au moment de la récolte.

7-Le poids de mille grains (PMG) est fait pour chaque variété et sur trois échantillons. En fin nous avons pris la moyenne des échantillons.

8- La durée du cycle végétatif est évaluée en connaissant la somme des jours pour chaque variété depuis le semis jusqu'à le stade de maturation.

9-Le rendement est obtenu par la connaissance du poids de grains en mètre carré; puis l'estimation des rendements par hectare.

10-Longueur de racine principale était fait par mesure de neuf (9) échantillons pour chaque variété juste après la récolte puis en calcule les moyennes.

11-Le biomasse est calculée par le pesage de trois échantillons d'un mètre carré après séchage pour chaque variété.

Figure 26: Champ de l'essai

Figure 27: Travaux Du sol

Figure 28: Semis manuelle

Figure 29: Désherbage manuelle

Figure 30 et 31: Récolte manuelle

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats de l'essai

Après le suivi du cycle de la plante de quinoa; nous avons obtenus les résultats suivants:

1-Apparition des stades phénologiques

Le semi était effectué manuellement le 19 octobre 2017, après cinq (05) jour les jeunes plantules apparaissent avec deux petites feuilles allongées. Huit (08) jours après atteint stade deux feuilles vrais suivi des stades; 04 feuilles, 06 feuilles et ramification. Ace stade la différence entre les variétés commence à apparaitre sur le nombre de rameaux et la forme générale de la plante à savoir la nature de ramification.

Le stade début formation des panicules remarqué par une poudre blanche ou violé à savoir les variétés. Les autres stades; floraison, remarqué par apparition du pollen a couleur jaune, suivi des trois stades finales; stade laiteux, pâteux et stade maturité physiologique qui caractérisé par le jaunissement des feuilles et la durcissement des grains.

La succession des stades du cycle de développement dans le tableau suivant;

Tableau 14 : Suivi de l'apparition des stades phénologiques

Variétés	Stade levée	02 feuilles vraies	04 feuilles vraies	06 feuilles vraies	Ramification	Début formation panicule	Panicule	Début floraison	Floraison	Grain laiteux	Grain pâteux	Maturité physiologique
Sajama	**24/10**	**02/11**	**09/11**	**15/11**	**21/11**	**28/11**	**04/12**	**09/12**	**22/12/17**	**01/01/18**	**27/01/2018**	**17/02/2018**
Q 18	**24/10**	**02/11**	**09/11**	**17/11**	**24/11**	**28/11**	**07/12**	**19/12**	**25/12/17**	**04/01/18**	**27/01/2018**	**17/02/2018**
Giza 1	**24/10**	**02/11**	**09/11**	**20/11**	**25/11**	**30/11**	**06/12**	**15/12**	**24/12**	**31/12/17**	**25/01/2018**	**17/02/2018**
Q103	**24/10**	**02/11**	**09/11**	**17/11**	**23/11**	**28/11**	**05/12**	**12/12**	**28/12**	**10/01/18**	**05/02/18**	**03/03/2018**
Q105	**24/10**	**02/11**	**09/11**	**17/11**	**24/11**	**30/11**	**09/12**	**20/12/**	**01/01/18**	**28/01/18**	**15/02/18**	**03/03/2018**
Q101	**24/10**	**02/11**	**09/11**	**19/11**	**25/11**	**06/12**	**13/12**	**20/12**	**03/01/18**	**03/02/18**	**25/02/2018**	**12/03/2018**

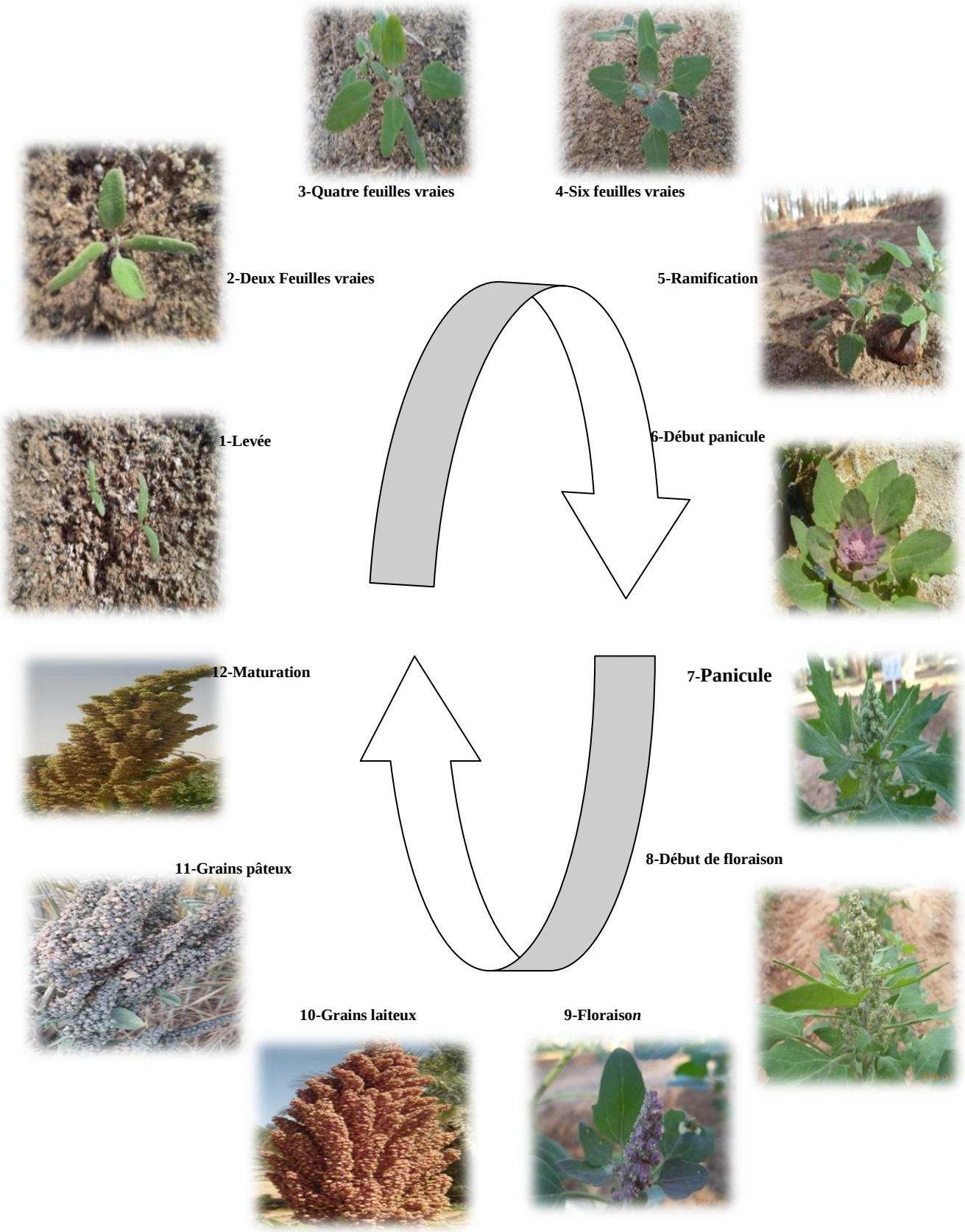


Figure 32: Stades phénologiques

2-Nombre de plants levés par m^2

Tableau 15*:* Nombre de plant levé /m^2

Variétés	Nombre de plant levée /m^2		
	Bloc-1	Bloc-2	Bloc-3
Sajama	54	53	54
Q18	52	54	53
Giza1	54	54	54
Q103	52	54	53
Q105	54	54	54
Q101	52	53	54

Avant de discuter les résultats de tableau ci-dessus, nous mettons les donnés suivants:

On rappelle que la densité de semi était 54 grains de chaque variété par m^2, le semi est réalisé en poquets de 03 grains chacun avec un total de 18 poquets par m².

Le taux de levée élevé était remarqué pour les variétés Giza1 et Q105 (100 %). La variété Sajama en deuxième place (99.37 %). En troisième place les variétés Q101, Q103 et Q18 avec un pourcentage de 98,14 % (figure 3)

Tableau 16: Analyse de la variance pour le nombre de plants levée

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %
Traitements	12.28	5	2.46	2.326	5.636	3.326
Blocs	6.78	2	3.39	3.211	7.559	4.103
Erreur (Risiduelle)	10.56	10	1.06			
Total	29.61	17				

L'analyse de variance indique qu'il n'y a pas de différence significative entre traitement. La moyenne de l'essai 53,72 plants/m² l'écart type et le coefficient de variation (CV) .sont respectivement 1,02 et 1,91 %

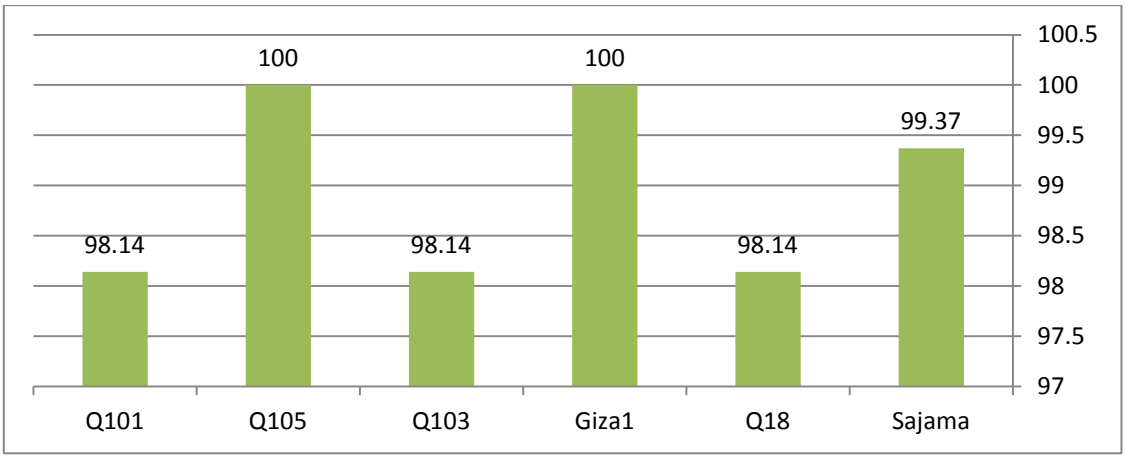


Figure 33: Moyenne des taux de plants levés (%)

3-Ramification

Le nombre moyen de ramification varie d'une variété à l'autre, le plus bas est celui de la variété Sajama = 15,1 rameaux /plant. Le plus élevé est celui de la variété Q101 il est égale à 24, 8 rameaux par plant (tableau 16).

Tableau 17: Nombre de ramifications/plante

Variétés	Nombre de ramifications/plante									
	Bloc1			Bloc2			Bloc3			Moyenne
Sajama	15	19	11	14	15	14	15	16	17	15,11
Q18	18	17	20	19	20	15	19	13	14	17,22
Giza1	19	19	15	16	18	18	21	26	14	18,4
Q103	20	17	16	13	27	23	18	26	24	20,4
Q105	15	16	13	20	25	13	18	19	27	18,4
Q101	22	29	19	30	23	23	27	28	22	24,8

Selon ce résultat 03 groupes peuvent être distingués ;

Groupe1; à faible ramification s ; le nombre ramification par plante est en moyen de 15,11 rameaux. Ce groupe est représenté par la variété Sajama.

Groupe2 ; le nombre de ramifications est compris entre 17,2 et 20,4 rameaux par plante. Il regroupe les variétés Q18, Giza1, Q105 et Q103).

Groupe3; ou le nombre de rameaux dépasse 24,8 rameaux par plante, il est représenté par .la variété Q101.

Tableau 18: Analyse de la variance pour la ramification

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	181,75	5	36,35	15,864	5,636	3,326	2,522
Blocs	13,98	2	6,99	3,050	7,559	4,103	2,924
Erreur (Risiduelle)	22,91	10	2,29				
Total	218,64	17					

Les résultats sont significatifs pour les traitements (nombre de ramifications par plante) et non significatifs pour les blocs. La moyenne de l'essai 53,72 plants/m² l'écart type et le coefficient de variation (CV) .sont respectivement 1,02 et 1,91 %

4- Nombre de panicules par plante

Tableau 19: Nombre de panicules/plante

Variétés	Nombre de panicules/plante									
	Bloc1			Bloc2				Bloc3		
Sajama	15	19	11	14	15	14	13	15	16	17
Q18	18	17	20	19	20	15	18	19	13	14
Giza1	19	19	15	16	18	18	15	21	26	14
Q103	20	17	16	13	27	23	20	18	26	24
Q105	15	16	13	20	25	13	21	18	19	27
Q101	22	29	19	30	23	23	25	27	28	22

Le nombre de panicules par plante est comprise entre 10 et 20 panicules pour les variétés; Sajama, Q18, Q103, Q105 et Giza1.mais plus de 20 panicules pour la variété Q101**.**

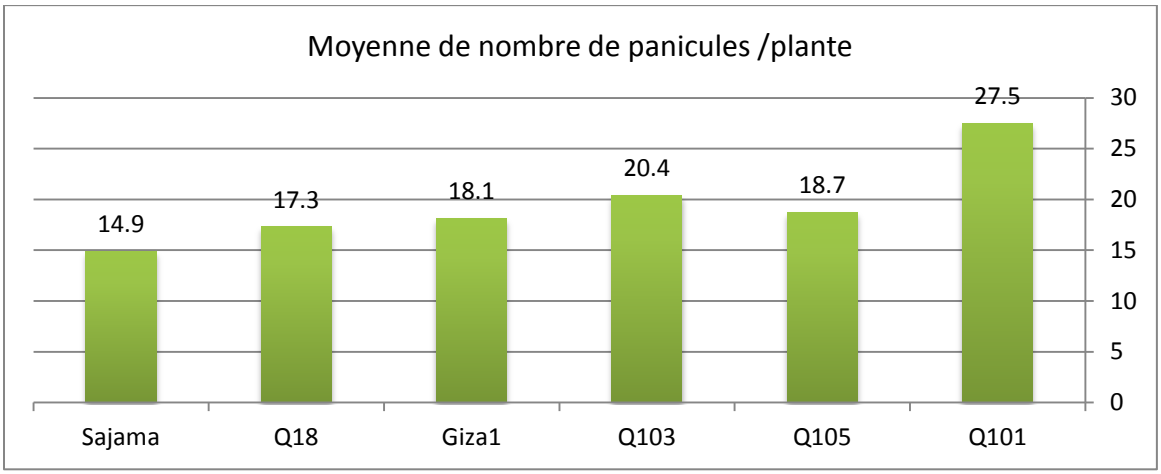


Figure 34: Moyenne de nombre de panicules /plant

Pour la forme des panicules, il existe trois formes: Glomérie forme, amarantie forme et la forme intermédiaire (Bioversity international.org). Les résultats obtenus montrent les trois formes :

-Amarantiforme; pour la variété Q 101.

-Glomériforme; pour les variétés; Sajama, Giza1 et Q18.

-Forme intermédiaire; pour les variétés: Q103 et Q105.

Tableau 20 : Analyse statistique de nombre de panicules par plantes

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	181,75	5	36,35	15,864	5,636	3,326	2,522
Blocs	13,98	2	6,99	3,050	7,559	4,103	2,924
Erreur (Risiduelle)	22,91	10	2,29				
Total	218,64	17					

Les résultats sont significatifs pour les traitements (nombre de panicules par plante) et non significatifs pour les blocs.

Le nombre de panicules par plante pour les variétés testées est le même que le nombre de ramification puisque chaque rameau porte une seul panicule

5-Langueur de la panicule principale

Tableau 21: Longueur de panicule principale

Variétés	Longueur de la panicule principale (cm)										
	Bloc1			Bloc2				Bloc3			Moyenne
Sajama	24	20	20	30	22	23	27	23	27	31	24,7
Q18	29	27	25	24	26	25	25	24	28	25	25,8
Giza1	30	24	22	22	24	22	20	33	31	36	26,4
Q103	25	31	30	28	35	35	37	32	40	33	32,6
Q105	32	33	34	30	30	27	35	33	32	31	31,7
Q101	35	31	32	36	35	36	32	34	31	35	33,7

Les variétés ; Q101, Q103et Q105 ont des panicules plus longue (+30 cm) que celles des variétés Q18, Giza1 et Sajama (entre 24 et 27 cm).

Forme des panicules

Figure 35 : Panicule de Sajama

Figure 36 : Panicule de Q103

Figure 37 : Panicule de Giza1

Figure 38 : Panicule de Q105

Figure 39 : Panicule de Q101

Figure 40 : Panicule de Q18

Tableau 22: Analyse de la variance pour la longueur de la panicule principale

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	267.22	5	53.44	9.250	5.636	3.326	2.522
Blocs	17.23	2	8.61	1.491	7.559	4.103	2.924
Erreur (Risiduelle)	57.78	10	5.78				
Total	342.22	17					

Les résultats de l'analyse sont significatifs pour les traitements (longueur de la panicule principale) et non significatifs pour les blocs, c'est-à-dire que la longueur de la panicule principale de chaque variété est homogène est un caractère variétal.

6-Poids de la panicule principale

Tableau 23: Analyse de la variance pour le poids de la panicule principale (PPP)

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	11523.55	5	2304.71	17.644	5.636	3.326	2.522
Blocs	36.53	2	18.26	0.140	7.559	4.103	2.924
Erreur (Risiduelle)	1306.20	10	130.62				
Total	12866.28	17					

Le tableau montre l'homogénéité des blocs et la différence au niveau des traitements (poids de panicule principale).

Tableau 24: Poids de panicule principale

Variétés	Poids de panicule (g)									
	B1			B2			B3			Moy
Sajama	22.87	12.78	29.98	16.80	14.87	22.49	27.65	23.30	14.42	20.66
Q18	14.30	42.75	17.61	26.54	30.52	17.47	19.16	17.65	14.36	24.05
Giza1	23.38	13.52	20.40	24.30	21.37	36.80	26.87	22.87	21.14	23.52
Q103	44.75	27.24	29.31	37.25	58.02	69.95	29.89	28.44	55.48	41.18
Q105	23.37	37.79	64.57	58.48	28.66	24.71	24.7	34.84	29.85	35.89
Q101	179.70	55.68	98.31	51.77	76.36	86.13	74.20	177.90	94.76	94.65

Le poids le plus élevé c'est celle de la variété Q101 (94.65g) et le plus bas c'est celle de la variété Sajama (20.66g). Pour les autres variétés le poids est compris entre 24 et 35.8g.

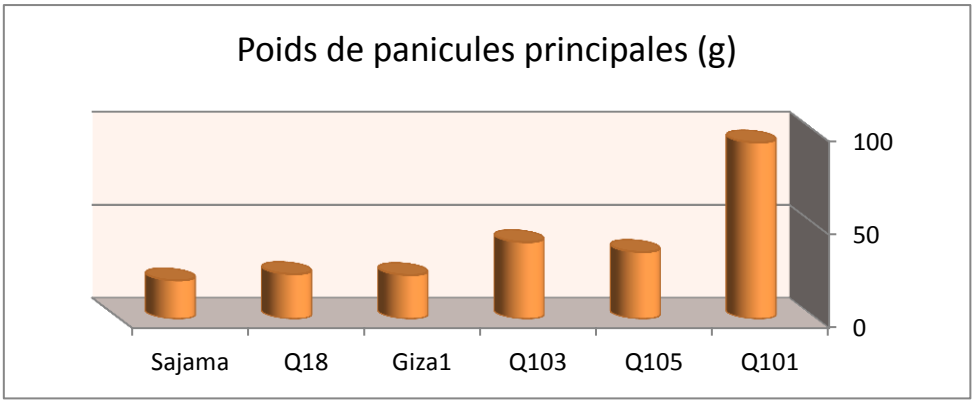


Figure 41: Poids de panicules principales

7-Poids de grains de panicules principales

Le pesage de grains des panicules principale nous ramène à remplir le tableau 25;

Tableau 25: Poids des grains de panicule principale(PGPP) .

Variétés	Poids de grains de panicules principales (g)									
	Bloc1			Bloc2			Bloc3			Moyenne
Sajama	12,23	8,52	19,50	15,80	20,40	15,60	14,38	14,55	10,26	13,94
Q18	11,04	8,96	18,02	12,38	28,04	27,13	11,10	9,36	20,89	15,83
Giza1	17,91	17,06	12,46	9,35	15,81	14,04	15,82	18,76	13,36	15,93
Q103	13,32	18,27	28,49	21,88	14,22	44,36	36,88	24,41	37,11	25,19
Q105	15,66	16,26	21,62	13,58	41,14	25,14	15,30	11,47	13,64	19,47
Q101	45,64	34,78	116,54	53,28	32,46	36,34	60,48	75,43	28,44	53,08

Le poids le plus bas c'est celle enregistré chez la variété Sajama (13,9 g) et le plus élevé c'est celle de Q101 (53 g). Pour les autres variétés (Q18, Giza1, Q105 et Q103) est entre 15 et 25,19 g.

Tableau 26: Analyse de la variance pour le poids de grains de la panicule principale

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	3843,82	5	768,76	7,959	5,636	3,326	2,522
Blocs	144,66	2	72,33	0,749	7,559	4,103	2,924
Erreur (Risiduelle)	965,88	10	96,59				
Total	4954,36	17					

Les résultats sont significatifs pour les traitements (poids de grains) et non significatifs pour les blocs (homogénéité au niveau des blocs).

8- Quantité d'eau d'irrigation apportée

Nous avons apporté une quantité d'eau équivalant à 648 mm tout le long du cycle de développement de la culture du quinoa

9- Protection phytosanitaire

-Le cycle de développement se dérouler en bon état sanitaire et nous n'avons remarqué aucune maladie

-Pour les ravageurs nous avons noté l'attaque de sauterelle sur quelques plants de quinoa au stade deux feuilles. Nous couverions les parcelles par un filet.

- Les mauvaises herbes les plus abondants sont surtout le Chénopode et les céréales (Ray-grass, Falarès)

-Pour les accidents ; nous avons noté quelques plantes versées et autres cassées à cause de fortes vents enregistrés la fin de mois de février et pendant le mois de mars 2018.

10-Nombre de plantes récoltées par m^2

Tableau N° 27: Nombre de plant récoltée /m^2

Variétés	Nombre de plant récolté		
	Bloc1	Bloc2	Bloc3
Sajama	39	47	48
Q18	48	49	44
Giza1	49	48	39
Q103	37	39	41
Q105	38	39	36
Q101	43	50	48

On rappelle que le nombre de grains semi est 54 /m^2, les résultats de nombre de plantes récoltés en comparaison de ceux semi.

Le plus élevé est celle de Q101 qui atteint une moyenne de 47 plants /m^2 avec la variété Q18, et le plus bas est celle de la variété Q105 (37.66 plants).

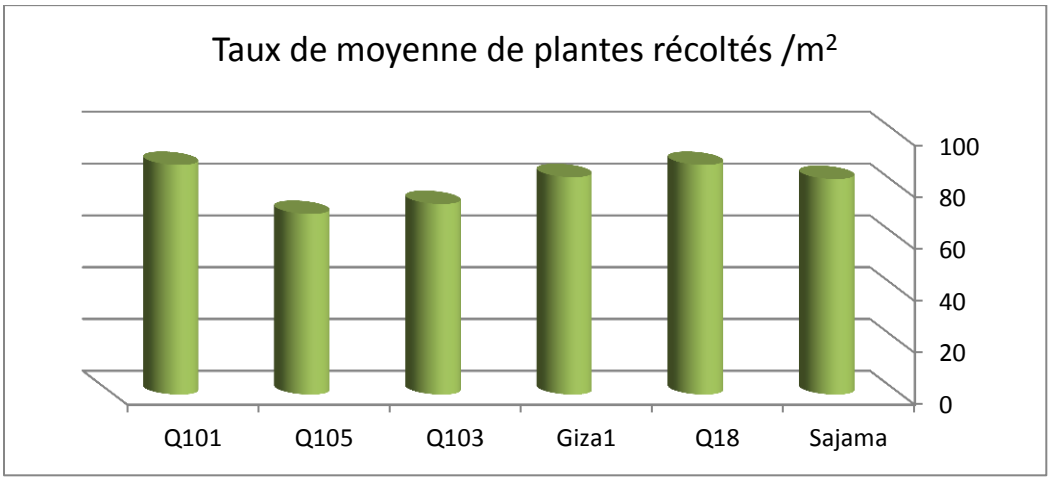


Figure 42: Taux de moyenne de plantes récolté (%) par m^2

Toutes les variétés peuvent atteindre le stade de maturité avec une proportion de 70 % et plus. Les bons résultats sont enregistrés pour la variété Q101 (88.67 %).

11-La hauteur de plantes

Le tableau suivant montre la hauteur des plantes pour chaque variété (moyenne de neuf échantillons, 3echantillons pour chaque bloc).

Tableau 28: Hauteur des plantes (cm)

Variétés	Sajama	Q18	Giza1	Q103	Q105	Q101
B1	70.67	69.67	86.33	86.00	101.33	114.33
B2	76.67	94.33	81.33	135.00	111.00	117.33
B3	73.00	70.50	94.75	102.00	100.50	128.00
Moy	73.44	78.17	87.47	107.67	104.28	119.89

Les résultats montrent que; la variété Q101 a une hauteur qui peut atteindre 120 cm et plus donc c'est la variété la plus haute, puis les variétés Q103 et Q105. Les autres variétés (Sajama, Q18 et Giza1) ont une hauteur moins d'un mètre. Ces résultats sont plus proches à ceux des travaux des auteurs en suite:

Selon Ben Lhabib (2005), Zaki (2015) la plante de quinoa pousse jusqu'à une hauteur de 1à1.5 m. Et de 1 à 2m selon Tantaoui et Zanouni (2014).

L'analyse de la variance ci-dessous montre un résultat significatif concernant les traitements (hauteur des plantes) et non significatifs pour les blocs.

Tableau 29: Analyse de la variance de la hauteur des plantes

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	5134,57	5	1026,91	10,864	5,636	3,326	2,522
Blocs	174,83	2	87,41	0,925	7,559	4,103	2,924
Erreur (Risiduelle)	945,25	10	94,52				
Total	6254,64	17					

Les résultats sont significatifs pour les traitements (hauteur de plantes) et non significatifs pour les blocs. Ce la veut dire qu'il ya une différance entre les variétés de quinoa testés.

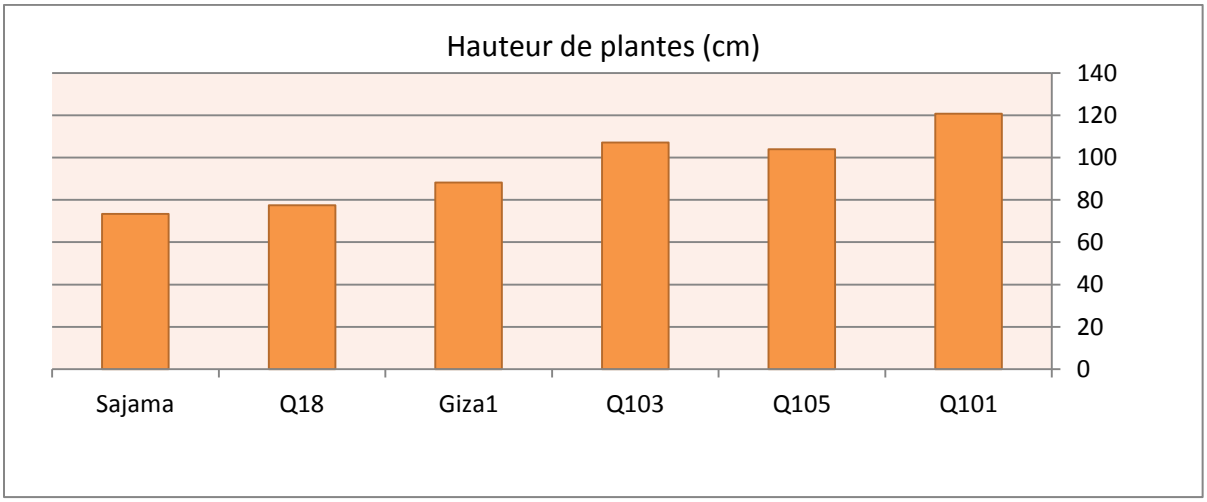


Figure 43: Hauteur des plantes

12-Longueur de racine principale

Tableau 30: Longueur de la racine principale

Variétés	Sajama	Q18	Giza1	Q103	Q105	Q101
B1	15,3	17,3	14,5	21,7	22,7	22,0
B2	12,7	16,0	17,7	18,0	21,0	24,0
B3	17.0	18,0	14,0	19,0	18,3	24,0
Moy	15	17,1	15,4	19,56	20,66	23,33

Les résultats de présent essai montre une longueur de pivot (racine principale) varie entre 15 et 23 cm. Le pivot le plus longue est enregistré chez la variété Q101 (23.33 cm) et le plus court est celle de Sajama. Ces résultats sont proches à ceux de Gandarillas (1979 in Rejaibi et al 2015); le pivot peut atteindre 30 cm.

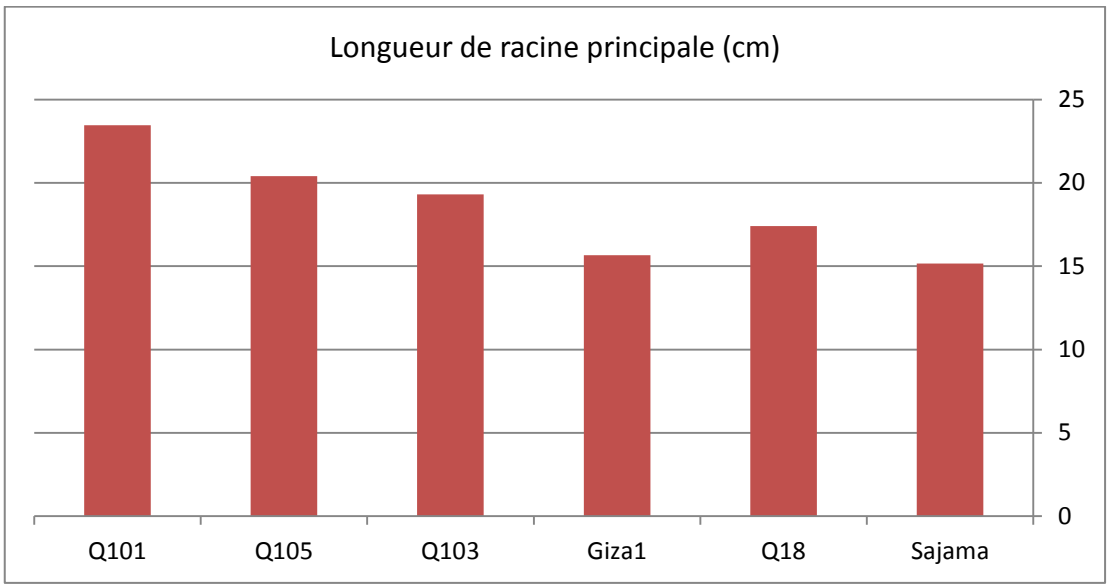


Figure 44: Longueur de la racine principale

Tableau 31: Analyse de la variance pour la longueur de la racine principale

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %
Traitements	159.08	5	31.82	8.514	5.636	3.326
Blocs	1.58	2	0.79	0.211	7.559	4.103
Erreur (Risiduelle)	37.37	10	3.74			
Total	198.03	17				

Les résultats sont significatifs pour les traitements, c'est-a-dire qu'il ya une différence entre les variétés

13-Poids de mille grains

Tableau 32: Poids de mille grains PMG

Variétés	PMG (g)		
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
Sajama	2,6	2,6	2,7
Q18	2,7	2,8	2,9
Giza1	3,3	3,2	3,3
Q103	3,9	3,8	3,7
Q105	4,1	4,1	4
Q101	3,6	3,6	3,7

Le poids de mille grains (PMG) et varié entre 2.6 et 4.1 g. Le pmg le plus haute (4.1) chez la variété Q105, et le plus bas pour la variété Sajama.

Ces résultats généralement proches de celles de Mahmoud (2017) qui confirme le pmg varie entre 2.83g et 3.58g, excepter la variété Q105 qui dépasse ce seuil.

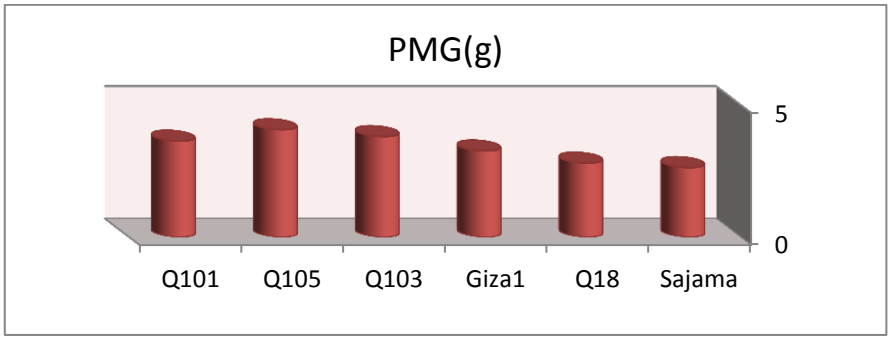


Figure 45: PMG

Les mesures

Figure 46 et 47: Méthode de mesure sur plantes

LES ENNEMIS

Sauterelle Chénopodium Album

Phalaris

Figure 48, 49 et 50: Ennemis du quinoa

Tableau 33: Analyse statistique de PMG

Origine de la fluctuation	Somme des carrées	Degrés de liberté	Variance	F calculé	F. Théor 1 %	F. Théor 5 %	F. Théor 10 %
Traitements	4,85	5	0,97	153,263	5,636	3,326	2,522
Blocs	0,00	2	0,00	0,263	7,559	4,103	2,924
Erreur (Risiduelle)	0,06	10	0,01				
Total	4,92	17					

L'analyse montre des résultats hautement significatifs pour les traitements (poids de mille grains). Ce qui signifie qu'il ya une différence entre les variétés concernant le poids de mille grains.

14-Somme des jours

Tableau 34: La somme des jours

Variétés	Date de maturation	Date de maturation	Somme des jours
Sajama	19/10/2017	17/02/2018	122
Q18	19/10/2017	17/02/2018	122
Giza1	19/10/2017	17/02/2018	122
Q103	19/10/2017	03/03/2018	136
Q105	19/10/2017	03/03/2018	136
Q101	19/10/2017	12/03/2018	145

La somme des jours compris entre 122 et 145 jours. Le cycle de Q101 c'est le plus longue (145 jours) par rapport au ceux des autres variétés; le plus court c'est ceux des variétés Sajama, Q18 et Giza1. Ces résultats par rapport au ceux des travaux des Auteurs cités après; sont dans des normes.

La durée de cycle végétatif de quinoa est de 100 à 120 jours pour les variétés précoces, 150 à 160 jours pour les variétés semi-précoces et 180 à 200 jours pour les variétés tardives Kabalane et Beridi (2015)

Selon Liang et al (2016), Daws et Al Moallem (2017) et Kellogg et Murphy (2017) la somme de jours pour le cycle de développement du quinoa est de 90 à 150 jours selon les variétés.

Les résultats obtenus montrent deux groupes dans ce qui concerne la durée de cycle de développement :

- Des variétés précoces ont une somme des jours de 122 concernant Sajama, Q18, Giza1

-Des variétés semi-tardives ont une somme de jours de 136 (pour Q103 et Q105) et 145 jours pour la variété Q101.

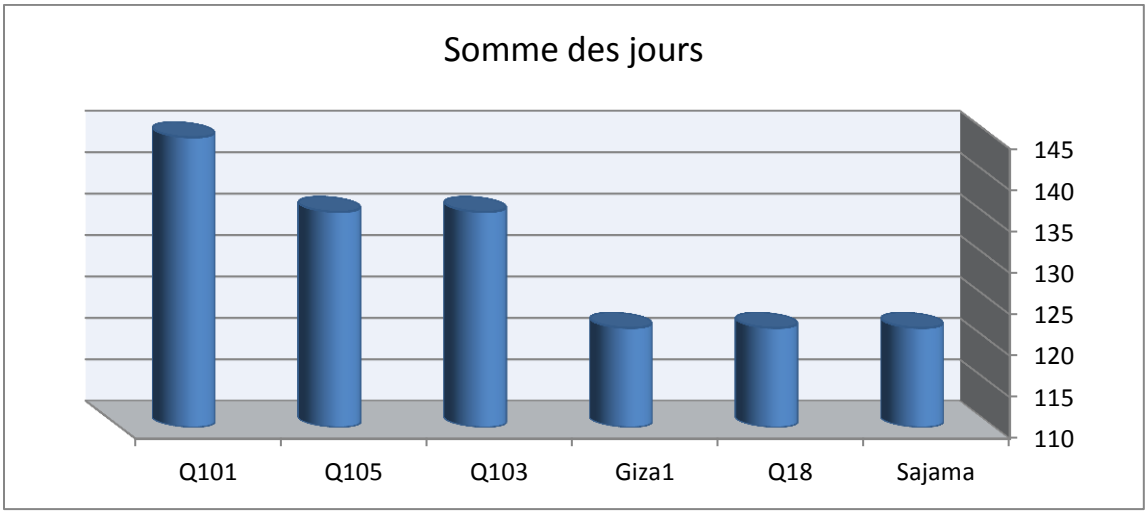


Figure 51: Somme des jours

15-Les rendements (grains).

Tableau 35: Rendements

Variétés	Rdt g /m^2
Sajama	151,96
Q18	150,16
Giza1	126,21
Q103	122,93
Q105	172,74
Q101	355,18

Les rendements sont varient entre 12 et 35 q/ha. La variété Q101 atteindre le meilleur rendement (35.5 q/ha) et le plus bas enregistré chez la variété Q103 (tableau 32). Ces résultats sont mieux que ceux cités par les Auteurs en suite;

Les rendements en grains de quinoa sont de 20 à 25 q/ha (Zaki, 2015), de 4 à 20 q/ha (Lebonvallet, 2008) et de 10 q/ha (Johnson, 1993 in Daws et Al Moallem, 2018).

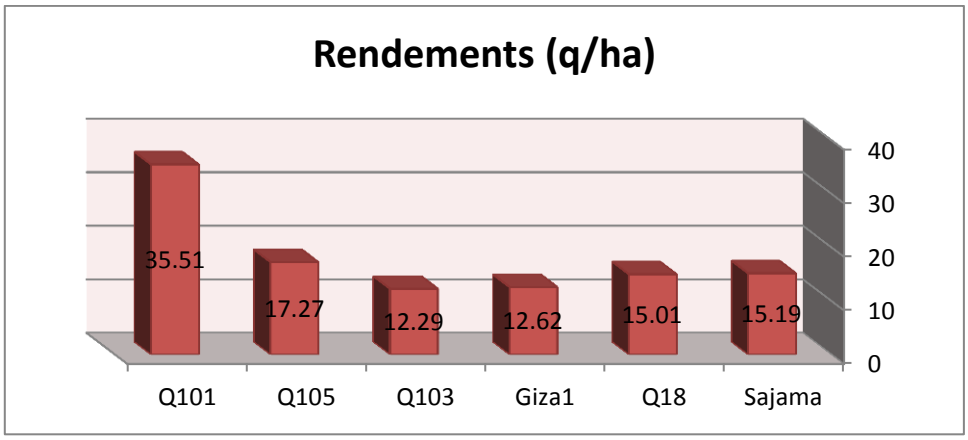


Figure 52: Rendements

16-Biomasse (matière sèche)

Tableau 36 : Production de fourrage

Variétés	Biomasse (g /m^2)
Sajama	1026.9
Q18	1466.1
Giza1	1215.9
Q103	1560.66
Q105	1680
Q101	2508.33

Les résultats obtenus montrent que la production de biomasse du quinoa testé est variée entre 10 et 25 tonne / ha selon les variétés;

-Sajama: 10.26 c'est le rendement minimal enregistré.

-Q101; 25 tonne / ha le rendement maximal enregistré (Tableau N° 33 et Figure 12) Ces résultats sont acceptable au ceux trouvés par les Auteurs en suite;

Le rendement de biomasse allant de 8.5 tonne / ha à 30.7 tonne / ha ce qui confirme le potentiel du quinoa pour le fourrage (Belaïd, 2017). Et de 15 tonne / ha (Al-Rifaee et al, 2015).

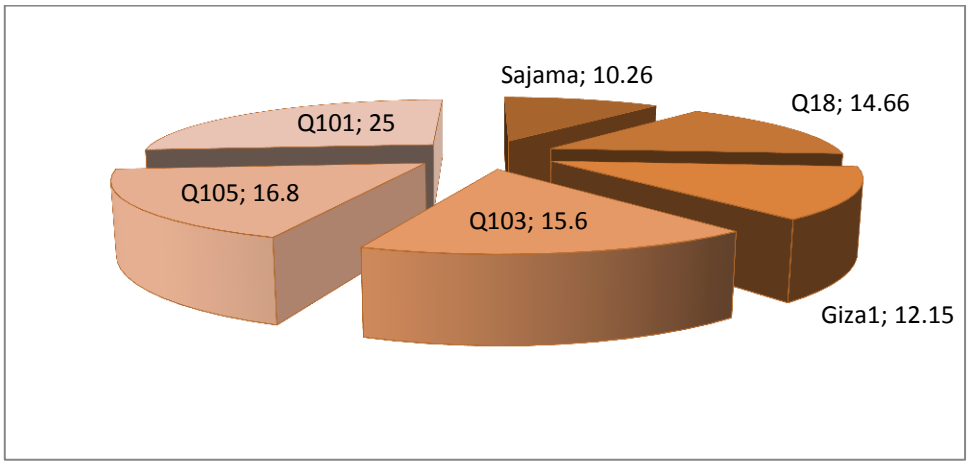


Figure 53 : Poids de masse sèche (tonne/ha)

17-Analyse en composantes principales (ACP).

Cet analyse étudier la corrélation des composantes principales

Le tableau **37** porte les abréviations utilisées dans l'ACP

Hauteur des plants	HP
Nombre de ramifications/plante	NRP
Longueur panicules principales	LPP
Poids de panicule principale	PPP
Poids de grains de panicules principales	PGPP
Poids de mille grains	PMG
Longueur des racines	LR
RENDEMENT	R

Tableau 38: Matrice de corrélation

Variables	HP	NRP	LPP	PPP	PGPP	PMG	LR	Rd
HP	**1,00**	**0,89**	-0,20	**0,85**	**0,83**	**-0,88**	**0,92**	-0,60
NRP		**1,00**	-0,21	**0,97**	**0,98**	-0,72	**0,87**	-0,51
LPP			**1,00**	-0,02	-0,02	-0,17	-0,16	**0,88**
PPP				**1,00**	**1,00**	-0,77	**0,87**	-0,31
PGPP					**1,00**	-0,73	**0,84**	-0,31
PMG						**1,00**	**-0,88**	0,24
LR							**1,00**	-0,48
Rd								**1,00**

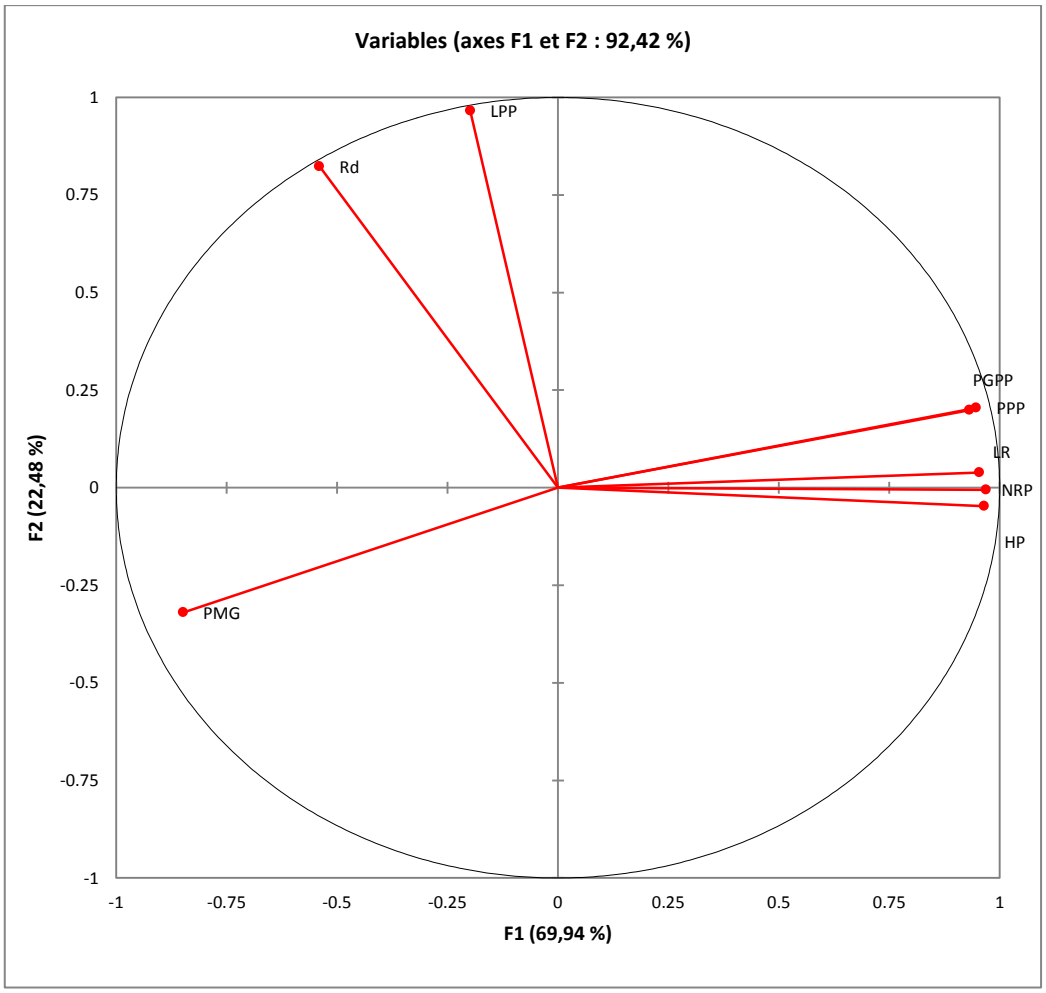


Figure 54: Axes des variables

18-Analyse Dendrogramme (relations entre les variétés).

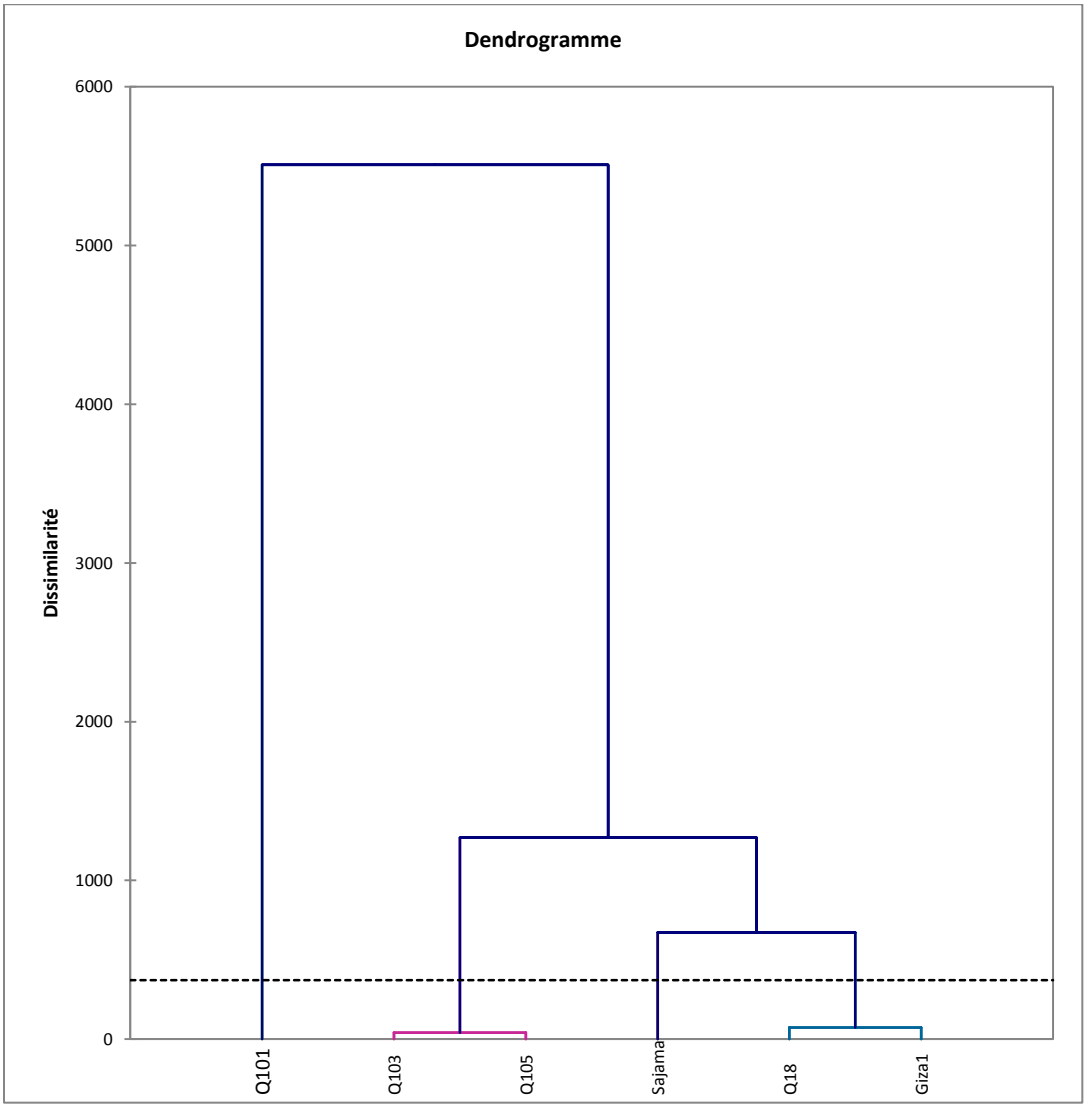


Figure 55 : Groupes variétales

Quatre groupes composés par les variétés entre eux, et chaque groupe indique qu'il ya des relations entre les variétés qui le constitue:

-Les groupes proches sont Q18 et Giza1 (groupe 1) puis Q105 et Q103 (groupe 2).

-Des autres groupes sont constitués entre Groupe 1 et la variété Sajama (groupe 3) puis entre groupe 3 et groupe 2 (groupe 4) et en fin entre groupe 4 et la variété Q101 (groupe 5).

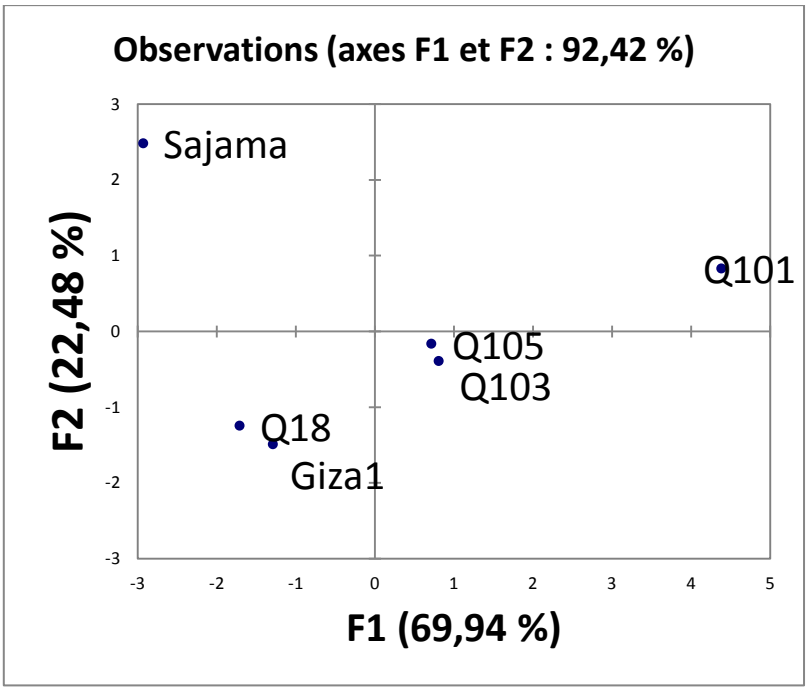


Figure 56: Positions des variétés entre eux (proches et loin)

Les variétés les plus proches sont celles du groupe 1 entre eux et groupe 2 entre eux.

Les variétés les plus loin Q101 et Sajama, puis groupe 1 et la variété Q101.

Tableau 39: récapitulatif de l'analyse de la variance

Paramétres	moyenne	E type	CV %	signification	PPDS 1%	PPDS 5%
levée	**53.72**	**1.02**	**1.91**	**NS**		
H P	**95.15**	**7.14**	**11.92**	**HS**	**29.34**	**20.63**
N DE RAM	**19.07**	**1.69**	**10.68**	**HS**	**5.27**	**3.71**
L PANI PRIN	**28.85**	**0.97**	**8.33**	**HS**	**6.22**	**4.37**
PPP	**40.11**	**1.92**	**28.49**	**HS**	**29.57**	**20.79**
PGPP	**25.27**	**0.93**	**rejeté**	**HS**	**25.43**	**17.88**
PMG	**3.37**	**0.33**	**2.36**	**HS**	**0.21**	**0.14**
LON RACINE	**18.50**	**1.12**	**1.93**	**HS**	**5.00**	**3.52**

Conclusion générale

Notre travail avait pour objet d'étudier le comportement variétal de la plante de quinoa dans la région d'Adrar cas de T'sabit a travers 06 variétés (Sajama, Q18, Giza1, Q103, Q105 et Q101) semi et suivi soigneusement toute longue du cycle de développement. Les résultats obtenus nous permet de conclu ce qui suivant:

Les six variétés étudiées ont une excellence adaptation avec les conditions de la région.

On distingue deux groupes dans se qui concerne la durée du cycle de développement;

- Groupe des variétés précoces constituées par les variétés Sajama, Q18 et Giza1 avec une durée de 122 jours pour chacune d'eux.

- Groupe des variétés semi tardives constituées par les variétés Q103 (136 jours), Q105 (136 jours) et Q101 avec une durée de 145 jours.

Le port de la plante est basé sur la forme de ramification; pour la variété Sajama est à panicule principale non défini. Pour les autres variétés en distingue:

- Ramification jusqu'au deuxième tiers pour la variété Q101;

- Simple pour la variété Q18 et Giza1;

- Ramification jusqu'au tiers inférieur pour Q103 et Q105.

La forme des panicules est amarantée forme chez la variété Q101, intermédiaire chez les variétés Q103 et Q105. La forme aggloméré chez les variétés Giza 1, Sajama et Q18.

L'etat phytosanitaire des plantes durant le cycle du développement était bon et nous n'avions enregistrés aucune maladie, et aucune accident physiologique sauf la verse de quelques plantes du au forte vent durant le mois de mars 2018.

- Les cycles de développement de toutes les variétés sont courts (moins de cinq mois);

*121 jours pour les variétés Sajama, Q18 et Giza1

*135 jours pour les variétés Q103 et Q105

*149 jours pour la variété Q101.

La couleur des grains est variée selon les variétés, en distingue;

-Grains de couleur blanche pour Q105;

-Grains de couleur jaune pour Q101;

-Grains de couleur marron claire pour sajama et Giza1;

-Grains de couleur crème pour Q103;

La meilleure variété de point de vue rendement c'est Q101 qui atteint un rendement de 35 q/ha.

Le quinoa nécessite beaucoup des études d'abord pour connaitre bien la plante et tous les facteurs qui influent sur leur développement, rendement, coté de résistance aux maladies...Etc, ainsi l'amélioration des rendements en grain et en fourrage.

Les conditions climatiques de cette compagne sont peut être favorables pour le développement de la culture de quinoa, c'est pour cela notre étude doit être reconduit pour confirmer ces résultats.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abha. D, 2015

Adaptation au changement climatique: Produire plus de quinoa grâce aux techniques nucléaires.

Ed; IAEA Bulletin. Juin 2015. Vienna. Autriche. P-p 10,11.

Anonyme, 2014

Fiche de synthèse: Quinoa; Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc

Ed; Groupe Crédit Agricole du Maroc. Rabat. Royaume du Maroc. 5p.

Anonyme, 2015

Le Quinoa en Algérie.

Ed; FAO Algérie, 15P.

Antonio Vega-Gàlvez, Margarita. M, Judith, Elsa. U, Luis. P et Enrique. A. M (2010).

Nutrition facts and functional potential of quinoa (Chenopodium quinoa Willd), an ancient Andean grain: a review

Ed; J Sci Food Agric. Chili.

Bazile. D, 2013

Le quinoa, un catalyseur d'innovations

Ed; Perspective revu scientifique N° 20. CIRAD. Paris. France. 4 P.

Belaid. D, 2017

Algérie: Utiliser le quinoa comme fourrage en sol salé.

Ed; Collection brochures agronomiques. Alger. Algérie. 3p.

Ben Lhabib. O, 2005

Le quinoa: Une culture introduite des Andes.

Ed; Transfert de technologie en agriculture (revue scientifique N° 133 octobre 2005) Rabat. Royaume du Maroc. P 1.

BENOIT. T, 2013

Evaluation des impacts environnementaux des cultures de quinoa du Projet Quinoa dans l'altiplano tarijegnou (Bolivie) et propositions alternatives biologiques.

Ed; Université Catholique de Louvain. Bruxelles. Belgique P 03.

CHIARA. C, CAMILLA. M, BIANCA. M, CINZIA. S, EUGENIO.S, 2013

Quinoa in the kitchen.

Ed; G. Canale et C. Spa, Borgaro Torpinèse (Turin). Italie, 95 P.

Daws. M. Y et Al Moallem. A 2018

Productivity evaluation of three introduced quinoa varieties under central highlands conditions in Yemen

Ed; Syrian journal of agricultural research. Damascus. Syria. Pp 102-113

DIAZ.D, 2015

Le quinoa, un aliment de base des Andes dans un marché dynamique.

Ed; responsAbility Investments. Zurich, Suisse. P 03.

Dominguèz. S. S, 2003

Quinoa-Postharvest and Commercialization

Ed; EBSCO Publishing. New York. USA. P-p 192, 195.

DPATA, 2007

Monographie de la wilaya d'Adrar

Réalisation de la Direction de Planification et de l'Aménagement de Territoire w. Adrar 105 p.

El Hhafid. R, 2005

Quinoa: The Next Cinderella Crop for Alberta ?

Ed; Alberta Agriculture, Food and Development. Alberta. Canada P10.

Fagandini. F, 2014

La culture du quinoa en lien avec la gestion de ses parents sauvages par les communautés andines.

Ed; CIRAD. Paris. France. P 5.

FAO, 2011

Quinoa: An ancient crop to cotrribute to world food security

Ed; FAO. Rome. Italy. P13

FAO Report 2013

Food Outlook; Biannual Report on Global Food Markets. June 2013

Ed; FAO Rome. Italie. P 61.

Ferdinand A. Kiehn et Mel Reimer, 1992

Culture de remplacement pour les prairies.

Ed; Ministre des Approvisionnements et Services. Ottawa, Canada. P 43.

Fazan. E, 2016

Quinoa: Quel avenir chez nous ?

Ed; Fazan Eric. France. P 18.

German. N, 2018

Quinoa

Ed; Max Havelaar. Zurich. Suisse. 2 p.

Gordillo-Bastidas.E, Diaz-Rizzolo.D. A, Roura.E, Massanes. T et Gomis. R (2016)

Quinoa (Chenopodium quinoa. Willd) from nutitional value to potential health benifits: An integrative Review

Ed; Journal of nutrition and food Sciences. Barcelona. Spain .P6.

HADJ HAMMOU.B, 2000

Etude de l'effet de la date de semis sur l'apparition de la carie (Genre: Tilletia, Classe; Basidiomycètes) et son influence sur les caractéristiques morphologiques de la plante hôte (Blé tendre Variété; Mahon Demias) en zone semi-aride (Tiaret).

Thèse d'ingénieur d'Etat en agronomie, ISA Tiaret. P7.

HERBILLON. M, 2015

Le Quinoa: Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques.

Ed; Université de Rouen-Normandie. Rouen. France. P34.

ITDAS, 2014

Protocol expérimental Quinoa Adrar

Ed; ITDAS Biskra Algérie, 15P.

ITDAS, 2017

La culture du Quinoa en milieu Oasien.

Ed; DFRV, MADRP Alger.

ITDAS .Catalogue, 2017

Catalogue de cinq variétés de quinoa objet d'essai au niveau de l'ITDAS

Ed; ITDAS.

ITGC, 2014

La culture de quinoa

Bulletin des grandes cultures N°2 Juin 2014

Ed; ITGC Alger .Algérie P-p 2-4.

Jan. A et Luitaud. C. M, 2016

Etude de faisabilité du développement de filières de cultures végétales, dites « bas intrants » hors agriculture biologique pour la protection de la ressource en eau de captages dégradés

Ed; Belzat Consulting. France. P-p, 112-113.

JANCUROVA.M, MINAROVICOVA. L et DANDAR. A, 2009.

Quinoa – A Review

Ed; Czech J. Food SCI. Vol 27.N°2. Bratislava. Slovaque République. Pp 71-74.

Jacobsen. S.E, 2003

The world wide potential for quinoa (Chenopodium quinoa Willd)

Ed; EBSCO Publishing. New York. USA. P 6.

Kellogg. J. A et Murphy. K, 2017

Grains: Growing quinoa in home gardens

Ed; Washington State University. USA. P2.

KHADRAOUI. A, 2010

Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes.

Ed; O.P.U Alger, Algérie. P 192.

LEBONVALLET.S 2008

Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'Altiplano bolivien

Ed; Agro Paris Tech. Paris France. Pp 34-35.

Liang Xi, Christtopher W. Rogers, Arash Rashed, Kurtis Schroeder and Pamela J. S Hutchinson, 2016.

Adopting quinoa in Southeastern Idaho.

Ed; University of Idaho USA. 6p.

Macarena. Stuardo et Ricardo. San Martin, 2008.

Antifungal properties of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) alkali treated saponins against Botrytis cinerea.

Ed; Industrial Crops and Products. Journal. Santiago. Chile P-p 296-302.

Mahmoud. H. A, 2017

Production of quinoa (Chenopodium quinoa) in the marginal environment of South Mediterranean Region: Nile Delta Egypt.

Ed; Egypt. J. Soil Sci Vol 57 N°3. Alexandria. Egypt. P 330.

Marrelli. M, Filomena. C, Fabrizio. A et Giancarlo. A.S, 2016

Effects of saponins on lipid metabolism: A review of potential health benefits in the treatment of obesity.

Ed; MDPI. Basel. Suisse. P 05.

MEJIA. D, 1997

Quinoa : Operaciones de poscosecha

Ed; FAO Italie, P2.

MESSAILI.B, 1995.

Botanique, Systématique des spermaphytes.

Ed; OPU, Alger, 91P.

MOORE. F, 2017.

Développement de la culture de quinoa en Outaouais

Ed; Club des services agroenvironnementaux de l'Outaouais. Québec, Canada.

Nicolova. N, 2013

Quinoa ; garni aux paradoxes

Ed; dajaloo; Bimestriel N°36 septembre 2013. Bruxelles. Belgique. P 06.

ONU .Algérie, 2014

Des perspectives pour le quinoa en Algérie

Bulletin d'information du système des Notion Unies N°5 Janvier 2014.

Ed; ONU. Algérie.

Pouyat. J, 2018

Du quinoa pour freiner le vieillissement?

Ed; La nutrition. France

Rajeibi.W, Kahlaoui.B et Hachicha. M 2015

Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa

Ed; Editions Universitaires Européennes. Paris. France. P p44-51.

Ritva. A. M et Astuhuaman. L. S, 2011

Quinoa (Chenopodium quinoa Willd) as a source of dietary fiber and other functional components.

Ed; Ciència e Technologia de Alimentos. Lima. Peru. P 229.

Rodriguèz. J. H, 2015

La quinoa , una opcion para la nutricion del paciènte con diabetes mellitus

Ed; Centro de Atencion del Instituto de Endocrinologia. La Habana. Cuba, P 309.

Rojas. W, José Luis. S et Carrasco. E, 2004

Study on the social, environamental and economic impacts of quinoa promotion in Bolivia.

Ed; PROINPA Foundation La Paz. Bolivia. P13.

Ruiz. K, Biondi. S, Oses.R, Ian. A. R, Antogoni. F, Martinèz. M. E, Coulibaly. A, Alipio. C. M, Pinto. M, Zorita-Silva. A, 2014

Quinoa Biodiversity and sustainability for food security under climate change. a review.

Ed, INRA. Paris. France. P 354.

Sibomana. R, 2017

La culture de quinoa

Ed; La voix des collines (trimestriel d'information, de formation et d'action du monde rural. N°15-16).Bujumbura. Burundi. P26.

Vandewynckel.C, 2015.

Le quinoa : Dossier spécial dans le magazine Itinéraires BIO (Bimestriel)

Namur. Belgique. P 07. Ed; Philipe Grogna.

Yazar. A, 2014

A new crop for salt and dry agricultural areas of Turkey: Quinoa

(Chenopodium quinoa willd).

Ed; Turkish journal of agricultural and natural sciences. University of Adana. Turkey. P 144

SITOGRAPHIE

http://agronomie.inf

الكينواChénopodium quinoa

http://formule-verte.com/cosmetique

Cosmétique: Des saponines issues de son de quinoa

http://fr. wikipedia.org

Vue de satellite du lac Titicaca

http://jardins.nantes.fr

Le quinoa : Les tropiques à l'école.

http://fr. wikipedia.org/wiki/quinoa

Quinoa: Pays producteurs, environnement et commerce

http://hort.purdue.edu

Quinoa Saponin: Concentration and Composition Analysis.

WWW.Fao.org-2013

Foire aux questions. Informations générales sur le quinoa.

WWW.Researchgate.net .2008.

Le quinoa en Bolivie: Une culture ancestrale devenue culture de rente.

WWW.Cours.ifmadrid.com/prof

La culture de quinoa. Fiche technique.

WWW.globalement .com / quechuas-iles-lac-Titicaca.

La carte du lac Titicaca

WWW.vulgarisation .net

Le quinoa: Une culture introduite des Andes.

WWW.befair.be .

The quinoa quest

A look into current and future markets.

WWW.giz.de

Quinoa: From the Andes to the world

WWW.afkar-sy.com

Le quinoa: L'investissement dans l'avenir

WWW.le monde du quinoa.fr

Saponine, qu'est-ce cette enveloppe autour des grains de quinoa?

WWW.Bioversity international.org

Descripteurs pour le quinoa et ses espèces sauvages apparentées

WWW.ResponsAbility.com

Le quinoa, un aliment de base des Andes dans un marché dynamique

http://bestquinoaandmore.com

What's difference between white quinoa, red quinoa and black quinoa?

WWW.Tech-n-bio.com

Quinoa en agriculture biologique

المراجـــــع بالعربيـــــــــــــــة

1- قبلان م ر و بريدي ج 2015

الكينوا

إصدار/ المكتب القطري لمنظمة التغذية والزراعة. بعبدا لبنان 30 ص.

2-العربية 2015 (قناة إعلامية)

الكينوا-فوائدها التجميلية-توازي-حسناتها الغذائية

3-زكي. ق 2015

محاصيل المستقبل في الوطن العربي

إصدار / مجلة التقدم العلمي (عدد 90 يوليو 2015) جامعة المنيا. جمهورية مصر العربية ص 48 .

4-طنطاوي. أ. عبد الوهاب و زنوني 2005

دراسات إستكشافية حول محصول الكينوا في مصر(مقالة علمية)

إصدار / جامعة المنيا. جمهورية مصر العربية.

5-الرفاعي. م، أديب. م. أ و نصر. ي 2015

الدليل المصور. المحاصيل المتحملة للملوحة في الأردن

إصدار/ المركز الوطني للبحث والإرشاد الزراعي . عمان. المملكة الأردنية الهاشمية. ص16 .

6-شاهرلي. م و صالح. ج، 2015

الكينوا : محصول واعد في أرض واعدة.

نشر / مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي عدد 29 .

إصدار / المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد). دمشق. الجمهورية العربية السورية. ص60 .

7- عيسى. م، 2014

الكينوا : من يستثمر في المستقبل ؟

مقال. نشر/ جريدة الاخبار عدد 2425 .بيروت. لبنان. ص8

Résumé

Le quinoa est un pseudo céréales originaire d'Amérique latine (Pérou et la Bolivie) appartient à la famille de chénopodiacée. Il est caractérisé par sa valeur nutritive élevée. Il serve pour l'alimentation humaine et animale et aussi il peut servir à des fins thérapeutiques. Son introduction officielle en Algérie était en 2014.

Le but de notre travail consiste a étudier le comportement de la culture de quinoa dans les conditions de la willaya d'Adrar (cas de la région de Tsabit). Pour cela un certain nombre de variétés ont été cultivé et suivi afin de distinguer les variétés qui conviennent aux conditions de la région d'Adrar. Les résultats obtenus nous ont permis de distinguer deux groupes de variétés ; des variétés précoces et des variétés semi tardives, le comportement variétal pour l'ensemble des variétés testées est excellent, les rendements varient selon des variétés ; de 12,19 q/ha pour Q103 à 35,51 q/ha pour Q101.

Mots clés: Quinoa, Valeur nutritive, Variété, Comportement, Région d'Adrar.

Summary

The quinoa is a pseudo cereal from Latin America (Peru and Bolivia) belong to Chenopodia Family. It is clear by its haight nutritional value. It used for human and animal nutrition and also it serve to thin therapy. Its introduction to Algeria was in 2014.

The object of our work come down to test some varieties of quinoa culture in conditions of Adrar town (case of T'sabit's region).For this object, a nembre of varieties were sown and followed for distinguish which one adapt with conditions of this region. The obtain results allow us to distinguish two groups of varieties; the early varieties and semi-late varieties, the varietal's behaviour for all varieties tested is excellent, the yields are variable according to the varieties; between 12.19 q/ha for Q103 to 35.51 q/ha for Q101.

Key words: Quinoa, Nutritional value, Variety, behaviour, region of Adrar.

ملـــــــــخـص

نبات الكينوا هو شبيه بالحبوب أصله من أمريكا اللاتينية (البيرو وبوليفيا) ينتمي إلى عائلة الرمرمية. تمتاز نبتة الكينوا بقيمة غذائية عالية وطبية وتؤمن الغذاء للإنسان وللحيوان كما تستعمل أيضا في مجال الطب. تم إدخالها إلى الجزائر عام أربعة عشر وألفين (2014).

الهدف من عملنا هو دراسة تكيف الكينوا مع ظروف ولاية ادرار (حالة منطقة تسابيت) عن طريق زراعة ومتابعة بعض الأصناف منها. من خلال النتائج التي تحصلنا عليها يمكننا تمييزها إلى مجموعتين: صنف مبكر وصنف نصف متأخر.

السلوك النباتي للمجموعتين ممتاز ومردود يتهما بين 12.19 ق/ ه للصنف Q103 إلى 35.51 ق/ ه للصنف Q101

كلمات جوهرية

الكينوا .قيمة غذائية .صنف . السلوك. منطقة أدرار.