



International Journal of Natural Resources and Environment

<https://ijnre.univ-adrar.dz>

ISSN 2710-8724



I
J
N
R
E

Comportement variétal du Quinoa dans la région d'Adrar

Abderlkader Laaboudi et Mohamed Bensalah

Institut national de la recherche agronomique d'Algérie. Station expérimentale d'Adrar.

E-mail : laaboudiaek@yahoo.fr (A.Laaboudi)

Article details: Received: 06 June 2019, Revised: 30 June 2019, Accepted: 30 June 2019

Résumé:

En 2013, la culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est officiellement introduite en Algérie. Dans le but d'étudier son comportement, des essais expérimentaux ont été réalisés dans les différents étages bioclimatiques du pays. Les essais menés à la station expérimentale INRAA d'Adrar durant la campagne 2014/2015 ont montré une bonne adaptation de cette espèce aux conditions difficiles de la station. A partir de 10 variétés testées durant cette campagne, il a été constaté que les rendements diffèrent d'une variété à l'autre. En effet, ces derniers varient de 1,40 q/ha pour la variété Q22 à 16,48 q/ha pour la variété Q12. Il s'est avéré que les variétés semi tardives conviennent mieux aux conditions climatiques de la région d'Adrar.

Mots clés : Quinoa ; Comportement; bonne adaptation ; variétés semi tardives ; région d'Adrar.

Abstract:

In 2013, the quinoa culture (*Chenopodium quinoa* Willd) is officially introduced in Algeria. In order to study its behavior, experimental tests were carried out in the different bioclimatic stages of the country. The trials carried out at the INRAA experimental station in Adrar during the 2014/2015 campaign showed a good adaptation of this species to the difficult conditions of the station. From 10 varieties tested during this campaign, it was found that yields differ from one variety to another. In fact, the latter range from 1.40 q / ha for the Q22 variety to 16.48 q / ha for the Q12 variety. It turned out that the semi-late varieties are better suited to the climatic conditions of the Adrar region.

Keywords: Quinoa ; Behavior; good adaptation; semi-late varieties; Adrar region.

1. Introduction

Dans les hauts plateaux du sud de la Bolivie, le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est cultivé traditionnellement dans des communautés paysannes indigènes Aymaras et Quechuas depuis des milliers d'années. A partir des années 50, avec la mise en place du modèle d'industrialisation et la révolution verte, les aliments de haute valeur nutritive d'origine andine ont connu un début de promotion et d'industrialisation. Ainsi, depuis une cinquantaine d'années le quinoa est devenu un produit agricole pour l'exportation. En plus, depuis les années 80, une demande internationale croissante pour des aliments diététiques a également contribué à la revalorisation du quinoa (Vassas et Vieira, 2010).

Selon MADRPM (2005), l'utilisation de la culture de quinoa remonte à 5000 ans avant J.C. Actuellement le quinoa est cultivé en Europe et au Etat Unis. Il est introduit au maroc en 1999 où, après cinq années d'expérimentation et de multiplication du quinoa, un matériel végétal à été développé et la production locale a été augmentée.

Il faut dire que le quinoa est une culture à haute valeur nutritionnelle. Il est très riche en minéraux, oligo-éléments, vitamines, acides gras insaturés et surtout en acides aminés. Il contient plus de protéines que n'importe quelle autre céréale, soit en moyenne 16,2 % (Tableau 1). Cette quantité est supérieure à celle du blé (14 %) et du riz (7,5 %) (Jancurová et al., 2009). Le quinoa est relativement une bonne source de vitamine E et plusieurs vitamines du groupe B (Vinning and McMahon, 2006).

Tableau 1. Composition chimique du quinoa et de quelques céréales et légumineuses (g/100 g de matière sèche) (Valencia-Chamorro 2003 in Jancurová et al., 2009)

	Quinoa	Orge	Maïs	Blé	Riz	Haricot
Protéines	16,5	10,8	10,22	14,3	7,6	28
Lipides	6,3	1,9	4,7	2,3	2,2	1,1
Glucides	69	80,7	81,1	78,8	80,4	61,2
Energie (kcalories)	399	3,83	408	392	372	367
Cendres	3,8	2,2	11,7	2,2	3,8	4,7
Fibres	3,8	4,4	2,3	2,8	6,4	5

Le Quinoa est le seul aliment végétal qui contient tous les acides aminés essentiels, des oligo-éléments et des vitamines et ne contient pas de gluten. En plus, les acides aminés essentiels sont présents dans le noyau du grain, à la différence d'autres céréales, telles que le riz ou le blé, dans lesquels ces acides se trouvent dans leur exosperm ou dans la coque (FAO, 2011).

Selon CERCAM (2014), le quinoa dépasse les valeurs recommandées par la FAO pour les enfants de trois à dix ans pour les huit acides aminés essentiels comparé aux autres céréales telles que le maïs, le riz et le blé (Tableau 2).

Tableau 2. Teneur du quinoa et quelques céréales en acides aminés essentielles (g/100 g de protéines).

Acides aminés	FAO	Quinoa	Mais	Riz	Blé
Isoleucine	3,0	4,9	4,0	4,1	4,2
Leucine	6,1	6,6	12,5	8,2	6,8
Lysine	4,8	6,0	2,9	3,8	2,6
Méthionine	2,3	5,3	4,0	3,6	3,7
Phénylalanine	4,1	6,9	8,6	10,5	8,2
Thréonine	2,5	3,7	3,8	3,8	2,8
Tryptophane	0,66	0,9	0,7	1,1	1,2
Valine	4,0	4,5	5,0	6,1	4,4

Source CERCAM (2014)

A l'image du lait, ses protéines sont complètes avec un équilibre en acides aminés. C'est une des rares graines à contenir les 8 acides aminés essentiels. Il constitue aussi une bonne source de potassium et de manganèse (Tableau 3). Le quinoa contient aussi de l'acide folique qui permet de lutter contre l'anémie. Sa consommation est recommandée pour compléter l'alimentation en acides aminés essentiels, renforcer l'organisme et combattre la fatigue (MADRPM, 2005). C'est une source importante de fibres alimentaires, composés phénoliques et activité antioxydant (Ritva et Astuhuaman, 2011).

Au même titre que le millet, le quinoa prend sa place parmi les aliments dits de santé (healthy foods), bien que le quinoa présente une supériorité en plusieurs éléments et le millet présente ses avantages par sa richesse en acide phytique qui abaisse le cholestérol et les phytates associées à une réduction du risque de cancer (Vinning and McMahon, 2006).

Il faut dire et selon Präger et al., (2018), qu'en raison de ses composés hautement nutritifs, la demande en quinoa a augmenté rapidement au cours de ces dernières années.

Tableau 3. Comparaison des valeurs nutritionnelles du millet et du quinoa (g/100g de matière sèches).

Matières / éléments	Millet	Quinoa
Protéines	10	16,5
Gluten	0	0
Glucides	55	69
Lipides	4,5	6,3
Silice	550 mg	-
Magnésium	140 mg	149,6 mg
Potassium	240 mg	926,7 mg
Calcium	14,5 mg	148,7 mg
Zinc	2,3 mg	4,4 mg
Fer	4,5 mg	13,2 mg

Le quinoa peut être utilisé pour l'alimentation humaine et animale, pour des fins médicales et aussi en industrie alimentaire et autres utilisations industrielles. Avant d'utiliser le grain de quinoa blanc, il faut bien le laver, afin d'enlever la saponine qui l'entoure et le rend amer.

Tout au long de l'année 2013, en hommage aux peuples autochtones de la zone andine qui ont préservé et amélioré le quinoa pour nourrir les générations passées et à venir, le monde a commémoré l'Année internationale du quinoa, autour du slogan «Un avenir semé il y a des millénaires». Dans ce contexte, l'Algérie avait introduit cette culture officiellement pour la première fois.

Dans le but d'étudier le comportement végétatif de cette culture en Algérie, une série d'essais expérimentaux a été effectuée dans plusieurs stations expérimentales à travers le territoire Algérien. A la station expérimentale de l'INRAA à Adrar, ces essais ont débutés durant la campagne 2014/2015. Une dizaine de variétés a été testée dans des conditions agronomiques et environnementales difficiles.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Lieu d'expérimentations

Les essais se sont déroulés dans la station expérimentale INRAA d'Adrar, située à 5 km de la ville d'Adrar chef lieu de la wilaya. (Latitude ; 27° 49', longitude ; 00° 11' et Altitude ; 278 m).

2.2. Conditions expérimentales

2.2.1. Caractéristiques du climat

Durant la période de l'essai qui s'est étalée du mois d'octobre au mois de juin, le climat était caractérisé par une température normale sauf pour le mois d'octobre 2014 et le mois d'Avril 2015 où les températures sont un peu supérieures à la normale.

- Un vent qui souffle fréquemment avec des tempêtes de sable périodiques ;
- Une pluviométrie négligeable, la plus forte dose durant la période d'essai a été enregistrée durant le mois de novembre 2014 (29 novembre : 5,55 mm), mais sans incidence négative sur la culture. (Tableau 4)

Tableau 4. Paramètres climatiques durant le cycle végétatif de la culture (2014/2015)

Mois	Parmètres climatiques					Pluviométrie (mm/mois)
	Température (°C)		Humidité relative (%)	Vitesse du vent (km /j)		
	Tmin	Tmax		V. moy	V. forte	
Octobre (2014)	17	42	42,87	147,59	259	
Novembre	6	35	57,09	117	278	5,55
Décembre	1,5	25,5	69,25	126,96	209	-
Janvier (2015)	1	26,5	63,03	119,97	240	-
Février	3,5	26,5	50,03	130,39	238	1
Mars	4	35,5	46,35	145,26	205	-
Avril	14	42,5	31,18	105,97	243	-
Mai	19	44,5	32,64	145,43	250	-
Juin	21	48	30,74	146,8	254,7	-

2.2.2. Caractéristiques physico chimiques du sol

La texture du sol est sableuse. Le taux de sable grossier et le prépondérant. Le taux d'argile ne dépasse pas 10% (Tableau 5).

Tableau 5. Granulométrie de la parcelle d'essai (%)

Echantillons	Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
1	9,6	7,65	4,72	54,59	23,41
3	9,02	7,02	3,92	52,88	27,14
5	9,69	7,56	5,15	52,92	24,65

Le sol est à pH alcalin. La salinité est généralement acceptable, le taux de calcaire est modéré, il ne pose pas de problème pour la croissance normale de la culture (Tableau 6).

Tableau 6. Caractéristiques chimiques du sol

Paramètres	Echantillons					
	1	2	3	4	5	6
pH	7,17	7,96	8,28	8,41	8,21	8,24
C.E. 1/5 (ms/cm)	0,69	5,12	1,48	0,47	1,66	3,09
Calcaire total (%)	8,1	8,51	7,06	10,59	9,97	9,13
Calcaire actif (%)	2,75	3,75	2,25	4,25	2,75	2,75
Phosphore assimilable (ppm)	180	144	144	156	144	192
Matière organique (%)	0,35	0,45	0,35	0,4	0,45	0,4

Le sol est pauvre en phosphore et en matière organique. C'est un caractère général pour la plupart des sols Sahariens.

2.2.2. Eau d'irrigation

L'eau d'irrigation provient d'un forage profond. Cette eau est caractérisée par un pH = 8,51 et une conductivité électrique CE= 3,14 ms/cm.

2.3. Dispositif expérimental

Le dispositif choisi est de type blocs aléatoires. Un tirage au sort est effectué pour la répartition des variétés dans chaque bloc. Cette opération a abouti au dispositif suivant :

Bloc I	Sajama	Q29	Giza 01	Q27	Q21	Giza 02	Q22	Santa maria	Q12	Q26	Q18
Bloc II	Q27	Q21	Q12	Q26	Santa maria	Q22	Giza 01	Q29	Giza 02	Sajama	Q18
Bloc III	Q29	Q22	Sajama	Q26	Santa maria	Giza02	Q21	Giza 01	Q27	Q18	Q12

Fig.1. Schéma du dispositif expérimental

2.4. Fertilisation

2.4.1. Fumure de fond

Un épandage d'engrais de fond est effectué avant le semis. Les doses recommandées pour le phosphore et le potassium sont respectivement 92 et 50 Unités/ha. À cause du manque d'engrais potassiques nous avons apporté la dose nécessaire en cet élément sous forme de NPK et complété le reste pour le phosphore sous forme de TSP.

2.4.2. Fertilisation azotée

La dose recommandée est 92 unités d'azote par ha. Cette quantité est apportée sous forme d'urée (46 %). Elle est fractionnée en trois apports pour les stades : 4 feuilles vraies, ramification et floraison. Malgré que l'irrigation fût localisée, ces apports ont été effectués manuellement.

2.5. Irrigation

L'irrigation est effectuées par un système de goutte à goutte, à raison de deux irrigations par semaine durant les stades de croissance (levée – panicule). Puis la fréquence d'arrosage est augmentée à trois irrigations par semaines (stades fructification). Puis elle est passée à deux irrigations par semaine vers la maturation. Elle est assurée pendant la matinée à raison de 4 heures/irrigation. En l'absence d'un débitmètre qui calcul la quantité exacte apportée, les calculs sont effectués à l'aide des pluviomètres installés sous les lignes d'irrigation. Nous avons estimé que les doses d'irrigation sont équivalentes à 16 mm/irrigation. soit en moyenne 4,5 mm/j au début, 7,75 mm/j au stades intermédiaires et 4,5 mm/j en fin de cycle.

2.6. Protection phytosanitaire

2.6.1. Lutte contre les insectes

Pour protéger la culture contre des attaques des insectes à partir des foyers existants, deux opérations ont été effectuées. La première, consiste à la désinfection de la luzernière qui est déjà attaquée par les larves des insectes, et ce par sa fauche puis sa pulvérisation par un insecticide. La seconde est effectuée juste après le semis. Elle consiste à entourer la parcelle d'essai par un insecticide mélangé de la sciure sur tout le contour de cette parcelle et même à l'intérieure entre les micro parcelles.

D'autres mesures ont été prises pour diminuer le risque d'attaque par les insectes résidents dans la végétation spontanée à côté de la parcelle d'essai, telles que le pommier du désert (*Colotropus procera*) et la « Sellakha » (*Purgularia tamantosa*). Cette végétation peut héberger les insectes qui attaqueront les plantules par la suite. L'élimination de cette végétation est indispensable. Généralement les débuts d'attaques ont été enregistrés, et les agents observés sont les sauterios, les percerons, les noctuelles et les fourmis qui transportent les grains à la maturation. L'attaque la plus sévère est enregistrée au stade levée sur les deux mirco parcelles de deux extrémités.

2.6.2. Lutte contre les mauvaises herbes

Deux interventions ont été faites pour effectuer un désherbage manuel. La première était au stade ramification et la deuxième était au stade début maturation. Les mauvaises herbes rencontrées sont de nombreuses espèces et variétés, certaines sont en provenance des précédents culturales (blé, orge et betterave fourrager) d'autres sont en provenance de semences des adventices (folle avoine, ray gras, Phalaris et les chénopodes). Malgré que le désherbage soit effectué manuellement mais les adventices avaient un effet négatif sur la culture.

3. Résultats et discussions

3.1. Le taux de levée

Le comptage, des plants émergés, est effectuée chaque deux jour (3 fois par semaine). Le taux global de l'essai est 27,73 %. Nous avons constaté une régression des plantules levées. Ce sont des plantules chétives, fragiles et attaquées par des insectes.

3.2. Stades végétatifs

Il faut signaler qu'une hétérogénéité dans le processus de croissance et développement est observée dès les premiers jours. La levée était échelonnée sur plusieurs jours. Ceci est dû probablement à la qualité de la semence. Les premiers stades végétatifs passent rapidement. Moins de 30 jours entre la levée et l'apparition des panicules (fig. 2 et 3). Jusqu'au mois de janvier 2015, il n'y avait pas une grande différence en hauteur de végétation dans l'ensemble des parcelles.



Fig.2. Apparition des panicules

La maturation commence avec la collaration des panicules par une couleur rougeâtre. La couleur des feuilles change d'une couleur verte foncée ou claire à une couleur jaunâtre (Fig.2).



Fig.3. Coloration des panicules

A la date du 12/02/2015, la maturation a commencé dans dix microparcelles. La variété Giza 01 est la plus précoce. Au 10/03/2015 la maturation physiologique pour cette variété est atteinte, notamment dans la microparcelle du bloc1 (Fig.4).



Fig.4. Stade maturation.

3.3. Cycle végétatif

Dès les premiers stades de développement nous avons remarqué une hétérogénéité dans le développement et la croissance des différentes variétés. Trois groupes sont identifiés ; le premier groupe, le Bloc I, contient les variétés précoces (Giza 1), le second contient les variétés semis tardives (Q18) et le troisième regroupe les variétés tardives (Santa maria).

3.4. Récolte

Nous avons constaté que dès que les plants arrivent à maturation physiologique, ils commencent à perdre les feuilles sèches. Après la récolte, les plantes sont stockées dans une chambre de conservation bien aérée jusqu'à la dessiccation complète du végétal. Elles sont ensuite pesées pour estimer la biomasse totale. Les opérations de battage et tamisage sont en fin effectuées.

3.5. Analyse de résultats des rendements et leurs composantes

Avant de commencer l'analyse des résultats, il est intéressant de signaler un certain nombre d'observations sur l'ensemble de données prélevées :

- Le taux de la levée était très hétérogène dans le temps et dans l'espace ;
- L'hétérogénéité est observée au sein de la même variété à travers les 3 blocs.

3.5. 1. Hauteurs des plants

La hauteur de la végétation du quinoa pour cet essai diffère d'une variété à une autre mais aussi pour la même variété. Elle diffère au sein de la même micro-parcelle et d'un bloc à un autre. A titre d'exemple : la variété Giza 01 avait 48 cm de hauteur en moyenne dans le bloc 1, mais elle a dépassé 57 cm dans les blocs 2 et 3 (Tableau 7).

Tableau 7. Hauteur moyenne (cm) de la végétation des différentes variétés (stade maturation).

Blocs	Q12	Q18	Q21	Q22	Q26	Q27	GIZA 01	Santa	Q29
Bloc1	76,17	51,33	61,00	32,67	51,00	63,00	48,00	48,33	52,33
Bloc2	70,33	64,00	69,67	48,17	72,33	60,50	57,67	59,67	56,67
Bloc3	60,67	66,67	60,33	41,00	61,33	55,67	57,30	54,33	54,00

La variété Q12 présente la hauteur moyenne la plus élevée (69,06 cm), suivie de Q21 avec une hauteur moyenne de 63,67 cm. La hauteur la plus basse est enregistrée pour la variété Q22 avec seulement 40,61 cm.

3.5. 2. Nombre de ramifications /plant

Certaines variétés présentent une ramification importante par rapport à d'autres. Donc la ramification est un caractère variétal. Pour certaines variétés, nous avons constaté la présence de ramifications secondaires et tertiaires (Santa maria), d'autres présentent de simples ramifications portant une panicule (Giza01). Pour cet essai, la variété Q21 donne le plus grand nombre de ramifications suivie de Giza 01. La variété Q22 donne le plus petit nombre de ramification.

Il faut dire aussi que la hauteur de la végétation et le nombre de ramification/plant ne sont pas bien corrélés ($R^2 = 0.48$) (Fig.5).

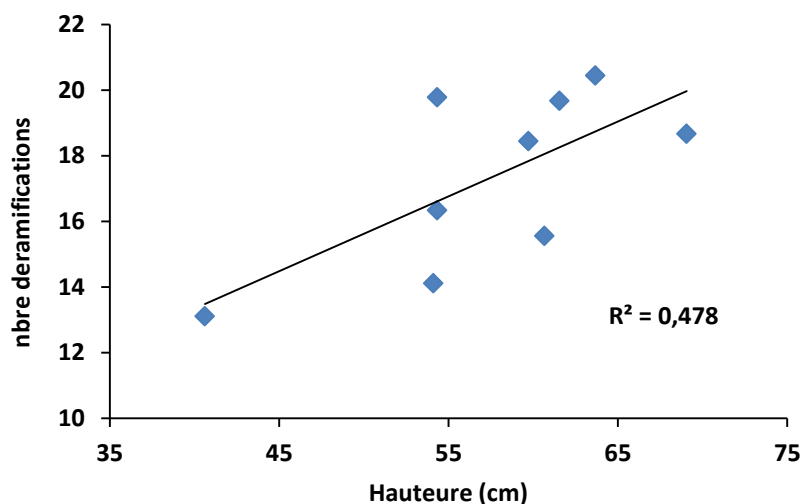


Fig.5. Corrélation entre la hauteur de végétation et le nombre de ramification/plant.

3.5. 3. Nombre de panicules/plant

Le nombre de panicules/plant est très bien corrélé avec le nombre de ramification par plant ($R^2 = 0,90$). Car si on excepte les variétés qui présentent des ramifications secondaires, nous avons noté que pour la plupart de variétés, chaque ramification porte à son extrémité une panicule (Fig.6).

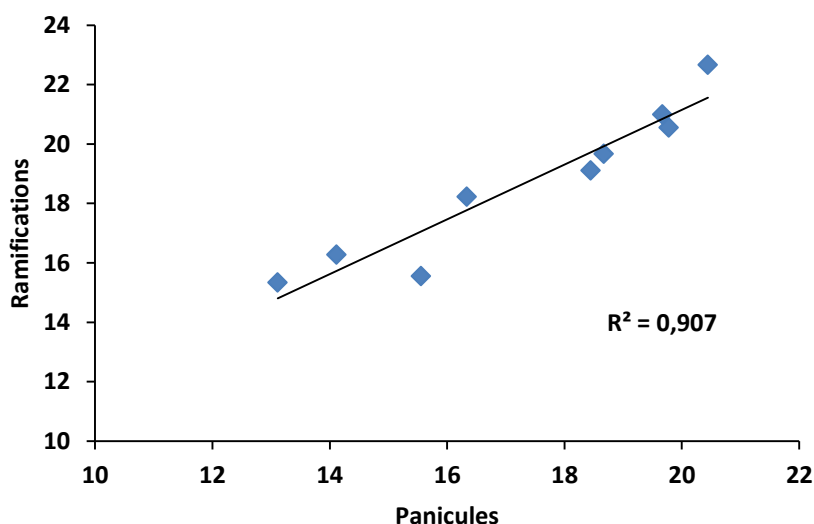


Fig. 6. Corrélation entre le nombre de ramification/plant et le nombre de ramifications

La variété Q21 vient en premier lieu, et donne le plus grand nombre de ramifications avec 22,67 ramifications par plant en moyenne, suivie par la variété Q26. Alors que la variété Q22 occupe toujours le bas de la liste et donne le plus petit nombre de ramifications.

3.5. 4. Poids de mille grains (PMG)

Le poids de mille grains (PMG) est un paramètre qui diffère d'une variété à l'autre. Il varie entre 3,5 g pour la variété Q21 à 3,07 g pour la variété Q29. Cependant, selon le résultat de l'analyse statistique, cette variation est faible et la différence entre les moyennes des différentes variétés est non significative.

3.5. 5. Biomasse totale sèche

La biomasse totale reflète la quantité de production produite par chaque variété et par unité de surface. Elle reflète aussi la vigueur de la végétation. Cependant dans cet essai la quantité de la biomasse n'est pas corrélée avec la quantité de production en grain produite pour chaque plant. C'est la raison pour laquelle nous avons constaté que certaines variétés présentent une production en biomasse totale importante mais leurs rendements en grains sont faibles. C'est le cas par exemple de la variété Q26 qui occupe la première place par rapport à la biomasse totale alors qu'elle n'a donné que 8,7 g/plant, tandis que la variété Q22 qui vient en bas de la liste, a donné 22,54 g/plant (Fig.7).

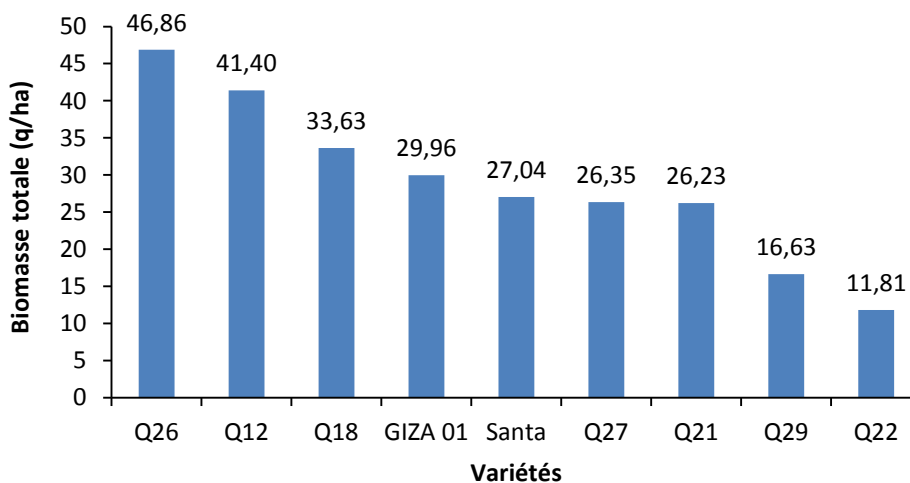


Fig.7. Biomasse totale (q/ha) pour les différentes variétés.

3.5. 6. Indice de récolte

L'indice de récolte donne des indications sur les variétés qui donnent des quantités importantes en grains par rapport à la biomasse totale. Il donne une idée sur les variétés qui valorisent mieux la masse foliaire pour transformer une grande partie de la sève élaborée en grains. La variété Q12 est la meilleure variété pour ce paramètre. Elle a donné une valeur qui dépasse 0,40. La variété Santa Maria qui donne la plus faible valeur, est influencée par son cycle végétatif assez long. Une partie de cette variété est récoltée à un stade prématuré.

3.5. 7. Rendements

La meilleure variété qui donne un bon rendement pour cet essai est Q12 (16,48 q/ha en moyenne) suivie par Giza1 avec 10,80 q/ha. La variété Q22 a donné le plus faible rendement (1,40 q/ha). Il faut dire que pour la plupart des variétés, le taux de la levée s'est répercuté directement sur le rendement, la variété Q22 est celle qui a donné un taux de levée le plus faible par rapport à cette gamme de variétés étudiée. Il faut signaler que la Giza 2 est écartée de cette étude de comportement à cause d'un taux de levée presque nul (Fig.8). Selon CERCAM (2014), au Maroc, le meilleur rendement de quinoa a été obtenu à la station d'essai de l'IAV Hassan II avoisinant 43 q/ha (conditions climatiques et techniques ont été optimales). Avec différentes doses d'azote Kansomjet et al. (2017), ont obtenu le meilleur rendement de 26,4 q/ha.

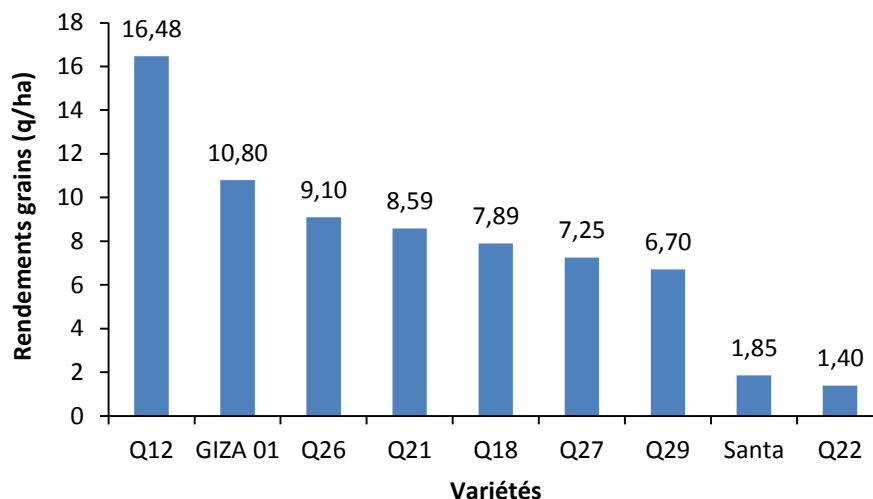


Fig.8. Rendements moyens des différentes variétés.

Les résultats des rendements et leurs composantes en moyenne et les données statistiques pour toutes les variétés testées sont présentés dans le tableau 8. Ces résultats indiquent la variabilité qui existe entre l'ensemble des variétés.

A travers ces essais nous pouvons tirer plusieurs remarques et observations. La plus importante est que la culture du quinoa présente une très grande adaptation aux conditions pédoclimatique difficiles, comme celles de la station d'Adrar. Dans ce contexte Rolac (2011) a signalé que la culture du quinoa a une remarquable capacité d'adaptation aux différentes régions agro-écologiques. Il peut pousser à une humidité relative de 40 à 88%, et résiste à des températures de -4 à 38°C. C'est une plante résistante au manque d'humidité du sol, et produit des rendements acceptables avec des précipitations de 100 à 200 mm.

Tableau 8. Données statistiques pour les différentes variétés testées.

Variétés	Rd (Q/ha)	Bi (Qx/ha)	IR	NP/plant	R/plant	Hauteur (cm)	PMG (g)
Q12	16,48	41,40	0,41	19,67	18,67	69,06	3,27
Q18	7,89	33,63	0,28	15,56	15,56	60,67	3,20
Q21	8,59	26,23	0,34	22,67	20,44	63,67	3,53
Q22	1,40	11,81	0,12	15,33	13,11	40,61	3,13
Q26	9,10	46,86	0,20	21,00	19,67	61,56	3,27
Q27	7,25	26,35	0,26	19,11	18,44	59,72	3,27
Q29	6,70	16,63	0,39	18,22	16,33	54,33	3,07
GIZA 01	10,80	29,96	0,36	20,55	19,78	54,32	3,27
Santa maria	1,85	27,04	0,09	16,28	14,11	54,11	3,40
Moyenne	7,78	28,88	0,27	18,71	17,35	57,56	3,27
Ecart Type	3,14	9,39	0,09		1,74	4,73	0,26
CV	Rejeté	Rejeté	Rejeté	11,54	13,71	10,06	9,73
ET	3,85	11,50	0,11	1,76	2,38	5,79	0,32
Signification	THS	HS	HS	THS	HS	HS	NS
PPDS	9,18	19,9	0,2	3,08	4,12	10,03	

Rd : Rendement, Bi : biomasse, IR : indice de récolte, R : Ramification, H : Hauteur, NS non significative, HS : hautement significative, THS : très hautement significative

Avec des conditions mieux que celles de la station expérimentale d'Adrar le rendement peut être amélioré significativement. Kansomjet et al. (2017), ont conclu que les quantités d'engrais azotés ajoutées et les cultivars utilisés ont favorisé la croissance physiologique des cultures et ont amélioré le rendement en graines de quinoa.

- A l'instar des autres cultures à même date de semis, il présente une difficulté au moment de son installation à cause des attaques des insectes ;
- La densité de semis est à revoir, car chaque variété a son propre envergure, il faut choisir le nombre de plant/m² qui convient ;
- A cause des températures élevées qui surviennent dès le mois de mars, il est préférable de choisir les précoces et semi tardives.

4. Conclusion

Malgré les difficultés agronomiques et techniques qui ont confronté cette culture nous pouvons dire que les essais de comportement et d'adaptation de cette culture sont réussis. Dans de bonnes conditions, la culture de quinoa aura un avenir promoteur dans notre région. Il existe plusieurs variétés précoces, intermédiaires et tardives, donc nous avons des opportunités de choix assez larges. Dans les conditions de la région d'Adrar, les variétés intermédiaires sont à recommander. La tolérance du quinoa à la salinité et à la faible humidité du sol permet de valoriser les zones marginales par cette culture.

Références

- MADRPM** (2005). Les cultures alternatives ; Quinoa, Amarante et Epeautre. Transfert de technologie en agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA n° 133. Disponible à <https://studylibfr.com/doc>. Date de consultation avril 2019.
- CERCAM** (2014). Quinoa ; Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc. Fiche de synthèse.5p. Disponible à <https://docplayer.fr/36778215-Cercam-fiche-de-synthese>. date de consultation: Mai 2019.
- FAO** (2011). Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. 63 p. disponible à www.fao.org/3/aq287e/aq287e.pdf. Consulté Avril 2019.
- Jancurová M, Minarovičová L and Dandár A** (2009) Quinoa – a Review. Czech J. Food Sci. Vol. 27, 2009, No. 2: 71–79.
- Kansomjet P, Thobunluepop P, Lertmongkol S, Sarobol E, Kaewsuwan P, Junhaeng P, Pipattanawong N, Iván MT** (2017). Response of Physiological Characteristics, Seed Yield and Seed Quality of Quinoa under Difference of Nitrogen Fertilizer Management. Am. J. Plant Physiol., 12 (1): 20-27. DOI: 10.3923/ajpp.2017.20.27.
- Präger A, Munz S, Nkebiwe PM, Mast B, and Graeff-Hönniger S** (2018). Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. Agronomy 2018, 8, 197. DOI: 10.3390/agronomy8100197.
- Ritva Ann-Mari Repo-Carrasc o-Valencia and Astuhuaman Lesli Serna** (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas, 31(1): 225-230. DOI: 10.1590/S0101-20612011000100035.
- Vassas A, et Vieira Pak M** (2010). La production de quinoa dans l'altiplano sud de la Bolivie : entre crises et innovations. Montpellier, France. Cirad-Inra-SupAgro, 12 p., 2010. <hal-00521945>. Disponible à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00521945/document>. Consulté avril 2019.
- Vinning G, and McMahon G** (2006). Gluten-free Grains. A demand-and-supply analysis of prospects for the Australian health grains industry. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. 83 p.