



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Production végétale
Réf:...

Présenté et soutenu par :
MAAFI Chaima

Le : 28/06/2022

Influence du semis mécanique sur le taux d'azote de quelques variétés de quinoa

Jury :

Mme. DEGHTOUCHE Kahramen	Pr.	UMK Biskra	Présidente
Mme.FARHI Kamilia	Pr.	UMK Biskra	Examinatrice
Mme. BOUKHALFA Hassina Hafida	Pr.	UMK Biskra	Encadrante
Mme. HABBAS Mahdjouba	Doct.	UMK Biskra	Co-Encadrante

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

Avant tout, je remercie « Allah » le tout puissant, le Miséricordieux, qui m'a donné le courage, la volonté, la force, la santé et la persistance pour accomplir ce modeste travail. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite et m'avoir aidé à surmonter toutes les difficultés lors de mes études.

J'adresse mes plus vifs remerciements à mon encadrante Pr. BOUKHALFA Hassina, pour son encadrement, ses encouragements, ses orientations, pour son aide, sa patience, ses conseils scientifiques judicieux, sa compétence et sa gentillesse qui m'ont permis de bien mener ce modeste travail et pour avoir participé activement à la correction du manuscrit.

Je remercie vivement Melle Habbas Mahdjouba pour son aide précieuse au cours de la réalisation de mon travail.

Je tiens également à remercier les membres du jury pour avoir accepté l'évaluation de mon travail. Je remercie Pr. DEGHNOUCHE Kahramen de m'avoir fait l'honneur de présider le jury et Pr. FARHI Kamilia d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Je remercie mes parents de m'avoir aidé, en particulier mon père, Youssef Maafi, mes frères (Abdullah, Alaa, Maafi et Anfal) et tous mes amis (Iman, Rima, Shaima, khawtar, Sarab, Doua et Janate) et mes collègues (Hafsa, Amina, Malika, Nahla, Salsabil) et mes collègues « Aymen, Khiraeddine et Bahaeddine ».

Enfin, Je remercie toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A mes chers parents qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et leurs encouragements, par leurs dévouements exemplaires et les énormes sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études et qui ont toujours aimé me voir réussir, mais aucune dédicace ne serait témoin de mon profond amour, respect et gratitude.

Table des matières

Remerciements		
Dédicaces		
Liste des tableaux		
Liste des figures		
Liste des abréviations		
Introduction Générale.....		01
CHAPITRE 01 : Synthèse bibliographique		
1	Bio systématique du quinoa.....	3
2	Description morphologique du quinoa	3
2.1	Caractères végétatifs	3
2.1.1	Les Racines.....	3
2.1.2	La tige.....	4
2.1.3	Les ramification.....	5
2.1.4	Les feuilles.....	5
2.2	Caractères floraux	5
2.2.1	2.2.1. L'inflorescence	5
2.2.2	Les fleurs.....	5
2.2.3	2.2.3. Les fruits et les graines	6
3	Cycle de vie d'une culture de quinoa	7
4	Résistance de la plante	8
4.1	Résistance à la sécheresse.....	8
4.2	Résistance au froid.....	8
4.3	Résistance à la salinité	9
4.4	Résistance au vent , neige et grêle.....	9
4.5	Résistance aux maladies, parasites et ravageurs	9
5	Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines de quinoa.....	10
5.1	Les protéines.....	11
CHAPITRE 02 : Matériels et Méthodes		
1	Objectif	12
2	Matériel végétal.....	12
3	Préparation des échantillons.....	13
4	Dosage d'azote total (méthode Kjeldahl).....	13
4.1	Minéralisation	13
4.2	Distillation	14
4.3	Titration	15
5	Teneur de protéines	16
6	Analyse statistique	16
CHAPITRE 03 : Résultats et Discussion		

I	Résultats.....	17
I.1	Effet variété.....	17
I.1.1	Taux d'azote (%).....	17
I.1.2	Taux de protéine %.....	18
I.2	Effet dose de semis mécanique	19
I.2.1	Taux d'azote (%).....	19
I.2.2	Taux de protéine %.....	19
	Conclusion	21
	Références bibliographiques	
	Résumés	

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Coloration des fruit de quinoa.....	6
02	Cycle de vie d'une culture de quinoa.....	7
03	Composition chimique de quinoa pour 100g de produit sec.....	10
04	Acides aminés en la plante quinoa (%)......	11
05	Doses de semis mécanique appliquées pour chaque variété.....	12
06	Caractéristiques des variétés.....	12
07	Tests de comparaison des moyennes entre variétés azote.....	17
08	Test de comparaison des moyennes entre variétés protéines.....	18
09	Test de comparaison des moyennes des doses de semis azote	19
10	Test de comparaison des moyennes des doses de semis protéines	20

Liste des Figures

N°	Titre	Page
01	Les Racines du Quinoa	4
02	La tige de Quinoa.....	4
03	Les panicules de Quinoa	5
04	Graines de quinoa (matériel végétale).....	12
05	Etapes a) broyage des graines b) tamisage des graines c) poids 0 ,50g.....	1 3
06	a) la préparation des échantillons b) Minéralisateur	14
07	A) échantillons après les minéralisations B) solution diluée.....	14
08	A) distillateur B) distillation	15
09	A) Burette automatique couleur vert B) Coloration rose violet	15
10	Moyennes des taux d'azote pour les trois	17
11	Moyennes des taux de protéines pour les trois variété.....	18
12	Moyennes des Taux d'azote selon dose de semis mécanique	19
13	Moyennes des taux de protéines en fonction des doses de semis.....	20

Liste des abréviations

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

INRAA : Institut national de recherche agronomique d'Algérie.

ITDAS : Institut technique pour le développement agricole de la saharienne

ITGC : institut national de la recherche agronomique d'Algérie

INRF : institut national de la recherche forestière.

Spss : logiciel utilisé pour l'analyse statistique

NH₃ : Ammoniac

H₃SO₄ : Acide sulfurique

H₃BO₃ : Acide borique

Introduction générale

Introduction générale

Communément appelé « Riz des Incas », le quinoa produit des grains que l'on récolte après maturation de la fleur d'une plante voisine de l'épinard. La plante est originaire des hauts plateaux des Andes d'Amérique Latine. Malgré des conditions climatiques très rudes, le quinoa y pousse très bien. Sous ces environnements deux récoltes par an sont possibles, si la pluie est fréquente. Actuellement, le quinoa est cultivé en Europe et aux Etats Unis et Afrique. **(Bnelahbib, 2005)**

Le quinoa pousse mieux sous des températures basses de 7 à 10 ° C. La germination a lieu 24 heures après le semis et les jeunes plantules émergent 3 à 5 jours plus tard. Le quinoa ne germe souvent pas quand la température est élevée. Une semaine de vernalisation à 4 ° C dans un réfrigérateur améliore significativement le taux de levée. (Benlhabib, 2005)

Selon Madrpm et al. (2005), la profondeur de semis doit être située entre 1 à 2,5 cm selon le type de sol et son humidité. La taille des grains les rend sensibles à la dessiccation en surface et au risque d'asphyxie en profondeur. L'écartement entre lignes peut varier avec un minimum de 35 cm. Le peuplement optimal est d'environ 320000 pieds / ha sous des conditions favorables de culture. La dose de semis correspondante se situe entre 0,55 à 0.85 kg / ha. La dose de semis doit être doublée sous des conditions de levée contraignantes.

Dans le cas d'une culture mécanisée, les parcelles cultivées à l'aide de tracteurs, arrivés dans les années 1960-1970, sont situées dans les grandes plaines, aux abords des salars et dans les vallées les plus larges. On en trouve également au pied de certaines montagnes accessibles, sur des sols peu pentus et peu pierreux. La pression foncière élevée sur les parcelles mécanisables a poussé la majorité des agriculteurs à cultiver chaque parcelle une année sur deux. Si les premières années après le défrichement, ce système de culture donnait des résultats très satisfaisants (jusqu'à plus de 1 t/ha). **(Felix, 2004)**

La culture du quinoa est introduite en Algérie en 2014, suite à une convention signée entre FAO et l'Algérie dans le cadre du projet (TCP / RAB / 3403). Les essais d'introduction ont été effectués au niveau des stations expérimentales des institutions de recherche et développement du secteur de l'agriculture pour étudier son comportement et ses potentiels de production dans les différentes zones agro écologiques.

Ces dernières années, la valeur nutritionnelle du quinoa a été mise en avant car il contient une quantité importante de protéines , Le quinoa contient plus de protéines que n'importe quelle

autre céréale, soit en moyenne 16,2 %, comparé aux 7,5 % du riz ou 14 % du blé. A l'image du lait, ses protéines sont complètes avec un équilibre d'acides aminés proche de l'idéal. Riches en lysine, méthionine et cystine. C'est une des rares graines à contenir les 8 acides aminés. **(Benlahbib, 2005)**

Dans l'objectif d'agrandir les surface cultivées de quinoa, la mécanisation devient primordiale. Prenant en considération le coût élevé de la semence du quinoa, nous nous sommes fixa l'objectif de vérifier l'influence de la mécanisation du semis sur la valeur nutritionnelle des graines de quinoa à savoir le taux d'azote qui détermine la proportion des protéines. Notre travail consiste à quantifier le taux d'azote dans trois variétés Giza, Q105 et noir, semées mécaniquement en fonction de trois doses de semis.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Bio systématique du quinoa

Selon la classification **cronquist (1981), in FAO (2013)**

- Règne: plante
- Sous-embr: Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous- classe : Caryophyllidae
- Ordre : Caryophyllales
- Famille : Chenopodiaceae
- Genre : *Chenopodium*
- Espace : *Chenopodium quinoa willd*

2. Description morphologique du quinoa

Le quinoa est une plante dicotylédone herbacée autogame annuelle. (**Jacobsen et stolen, 1993**)

2.1. Caractères végétatifs

2.1.1. Les Racines

La racine est une racine pivotante, qui est robuste, profonde, ramifiée et fibreuse, ce qui lui donne la capacité de résister à des conditions environnementales défavorables, comme la sécheresse, dans les Highlands. (**Jael, 2012**)

Bien que de rares incidents d'effondrement de plantes aient été documentés en raison des effets du vent, de l'humidité extrême ou du poids de leurs plantes, ce système racinaire est très solide et peut supporter des plantes dépassant 2 m de hauteur. (**Gandarillas, 1979 ; Mujica et al., 2001**)

Selon **Pacheco et Morlon (1978)**, profondeur des racines est proportionnelle à la hauteur de la plante. Des références ont été faites pour des plantes d'une hauteur de 1,70 m et une racine de 1,50 m, ainsi que des plantes d'une hauteur de 90 cm et d'une racine de 80 cm. La résistance et la stabilité du quinoa à la sécheresse sont dues à sa fantastique racine pivotante, qui est un système racinaire solide, profond, bien ramifié et fibreux.



Figure 1 : Les Racines du Quinoa. (Vidal Apaza, 2013)

2.1.2. La tige

La tige est cylindrique au niveau du collet, mais les ramifications la font devenir plus anguleuse, les feuilles se positionnant alternativement sur chacun des quatre côtés. Il peut être unique en son genre ou avoir un large éventail d'implications. Il a un diamètre de 1 à 8 cm et une hauteur de 50 cm à 2 mètres, selon les types et les conditions de culture telles que la densité de semis et l'engrais. (Mujical et al., 2001)

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



Figure 2: La tige de Quinoa

2.1.3. Les ramifications

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

2.1.4. Les feuilles

Les feuilles sont variées dans le quinoa, coloration alternes, simple, variée de Vert au rouge. Ils peuvent également être consommés comme légume par sa haute valeur nutritive, elles sont prises avant la floraison. (Jael Calla, 2012)

D'après **Jacobsen et Stolen (1993)**, les feuilles présentent des adaptations morphologiques variées qui les aident à résister à la sécheresse pendant la croissance, parmi lesquelles une cuticule cireuse, des stomates protégés par un épiderme épaissi et des papilles sur les deux faces.

2.2. Caractères floraux

2.2.1. L'inflorescence

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

Selon **Vidal Apaza et al. (2013)**, la longueur de la panicule est variable , Selon le génotype , quinoa , lieu où elle se développe et les conditions fertilité des sols , Atteignant 30 à 80 cm de longueur de 5 à 30 cm de diamètre , le nombre de grappes par panicule varie de 80 à 120 et le nombre de graines par panicule de 100 à 3000. Trouver de grandes panicules qui donnent jusqu'à 500 grammes de graines par inflorescence.



Figure 3 : Les panicules de Quinoa

2.2.2. Les fleurs

Tous les membres de la famille des Chenopodiaceae, y compris le genre *Chenopodium*, présentent des fleurs incomplètes, sessiles et dépourvues de pétales. (Jacobsen et Stolen 1993)

Une caractéristique importante du quinoa est la présence de fleurs femelles, unisexuées localisées à l'extrémité distale d'un groupe, et de fleurs hermaphrodites localisées à l'extrémité proximale. (**Hunziker, 1952; Valencia – Chamorro, 2003**)

2.2.3. Les fruits et les graines

Le fruit est un akène comprenant plusieurs couches, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur : périgone, périsperme et épisperme. Chaque fruit contient une seule graine dont la couleur, la forme et la taille sont variables. (**Risi et Galwey, 1984**)

Il existe trois types de graines : coniques, cylindriques et ellipsoïdales, qui sont divisées en trois tailles : grosses (2,2 à 2,6 mm), moyennes (1,8 à 2,1 mm) et petites (1,8 mm) (Quispe et al .1976). L'inflorescence de quinoa a une large gamme de teintes en raison des couleurs distinctes du périgone, du périsperme et de l'épisperme. (**Gandarillas, 1979**)

Tableau 1: Coloration des fruit de quinoa. (**Gandarillas, 1979**)

Péri gone	Périsperme	Episperme
Vert	Trans lucide	Translucide
Rouge	Blanc opaque	Blanc
Pourpre	Blanc opaque	Café
	Jaune clair	Brun foncé
	Jaune intense	Marron - noir
	Organe	Noir brillant
	Rosâtre	
	Rouge vermillon	
	Cerise	
	Café	
	Gris	
	Negro	

3. Cycle de vie d'une culture de quinoa

D'après Mujical et Canahua (1989) in Lebonvallet (2008), Le cycle de vie du quinoa est divisé en 12 phases, Un stade est atteint lorsque 50 % des plantes sont à ce stade.

Les différents stades sont illustrés sur le tableau (2).

Tableau 2: Cycle de vie du Quinoa.

Stade	Description	Date
Levée	Elle correspond à la sortie de la plantule et au déploiement des feuilles cotyledonaires (germination épigée) .Elle se produit entre en conditions de germination optimales.	7 à 10 jours
Deux feuilles vraies	Les deux premières feuilles vraies apparaissent après le semis, conjointement à une croissance rapide des racines. Elles sont de forme rhomboïdale au contraire des feuilles cotylédonaire, lancéolées. Elles sont très sensibles aux attaques d'insectes.	15 à 20 jours
Quatre feuilles vraies	La deuxième paire de feuilles vraies se déploie après le semis. Les feuilles cotyledonaires sont toujours vertes. La plantule montre dans cette phase une assez bonne résistance au froid et à la sécheresse, mais ses feuilles tendres constituent une alimentation de choix pour les ruminants.	20 à 30 jours
Six feuilles vraies	L'apparition de la troisième paire de feuilles vraies après le semis, alors que les feuilles cotylédonaire commencent à se flétrir. L'apex végétatif est nettement protégé par les feuilles les plus âgées, en particulier lorsque la plante est soumise à un stress (thermique, hydrique ou salin).	35 à 45 jours
Ramificatin	Après le semis, on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième nœud. Les feuilles cotylédonaire, jaunies, tombent et laissent une cicatrice sur la tige. L'inflorescence n'est pas encore visible, recouverte et protégée par les feuilles.	45 à 50 jours
Début de formation de la panicule	L'inflorescence commence à apparaître à l'apex de la plante au bout de, entourée d'une agglomération de feuilles de toute petite taille qui la recouvrent encore en partie. Parallèlement, la première paire de feuilles vraies jaunit et n'est plus photosynthétiquement active. La tige s'allonge et son diamètre augmente.	55 à 60 jours
Panicule	L'inflorescence est désormais clairement visible au – dessus des feuilles, ainsi que les glomérules qui la composent. Des boutons floraux individualisés apparaissent, après le semis.	65 à 70 jours

Début de floraison	Les premières fleurs s'ouvrent après le semis. La plante commence à être plus sensible au froid et à la sécheresse.	75 à 80 jours
Floraison	L'ouverture de 50 % des fleurs de l'inflorescence se produit aux environs du Cette observation doit se faire à la mi – journée, les fleurs se refermant pendant la nuit. C'est durant cette phase que la plante est la plus sensible aux gelées. Les feuilles inférieures, flétries, tombent.	90 ou 100jours
Grain laiteux	Le grain est qualifié de laiteux après, car un liquide blanchâtre en sort lorsqu'une pression est exercée sur le fruit. Un déficit hydrique pendant cette phase peut entraîner une forte diminution du rendement.	100 à 130 jours
Grain pâteux	L'intérieur des fruits devient d'une consistance pâteuse, toujours de couleur blanche	130 à a 160 jours
Maturité physiologique	Le grain, plus résistant à la pression, est à maturité au bout de avec une teneur en eau inférieure à 15 %. Pendant le remplissage des grains depuis la floraison, la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité.	160 à 180 jours

4. Résistance de la plante

Le quinoa est une plante sud-américaine cultivée du niveau de la mer au Chili à plus de 4000 m d'altitude sur l'Altiplano bolivien-péruvien, où la qualité des sols est médiocre et les conditions climatiques particulièrement rudes. La grande capacité d'adaptation de cette espèce se traduit par sa capacité à faire évoluer de multiples mécanismes de défense afin de résister à la sécheresse récurrente, au froid, à la grêle, au vent et au sel, ainsi qu'aux diverses maladies, parasites et ravageurs qui s'attaquent aux cultures. (Mujica et al., 2001)

4.1. Résistance à la sécheresse

Le quinoa est une plante hautement résistante à la sécheresse puisqu'elle tolère des températures élevées allant jusqu'à 35 ° C et présente de faibles besoins en eau (Oelke et al., 1992) . Toutefois , la sécheresse a plusieurs conséquences sur la plante et l'effet ne sera pas le même selon l'intensité et la durée de l'épisode sec , mais aussi le stade de développement durant lequel elle se produit , le génotype de la plante ou le fait qu'elle ait déjà souffert de sécheresse à un stade précédent , ou encore les caractéristiques du sol et la tolérance de la plante au déficit hydrique (Mujica et al,2001).

4.2. Résistance au froid

Il existe plusieurs cultivars de quinoa qui se sont adaptés aux basses températures (Mujica et al., 2001). L'effet du gel sur la plante diffère selon son intensité et sa durée, mais aussi selon

les phases de développement où il se produit, l'humidité relative de l'air et le génotype. En effet, s'il est généralement admis que la température minimale limite de croissance pour le quinoa est de -5°C (Bois et al., 2006) ; certaines variétés toléreraient jusqu'à -18°C durant les premiers stades de croissance. (Catacora et Canahua, 1992)

4.3. Résistance à la salinité

D'après Jacobsen et al. (2003) et Hariadi et al. (2011), les cultivars de quinoa plantés entre les salars boliviens ont développé une capacité étonnante à pousser dans ce climat, où les sols et l'eau d'irrigation peuvent avoir des concentrations de sel considérables. Les plus tolérants d'entre eux semblent pouvoir vivre avec des niveaux de salinité aussi élevés que ceux observés dans l'eau de mer.

On dit de cette plante qu'elle est un halophyte facultatif, c'est – à – dire qu'elle peut vivre en milieu salé comme en milieu d'eau douce. Elle est capable d'accumuler des ions salins dans ses tissus afin d'ajuster le potentiel hydrique des feuilles. Cela lui permet de maintenir la turgescence cellulaire et de limiter la transpiration dans des conditions salines, évitant ainsi les dommages physiologiques d'un épisode de sécheresse. (Jacobsen et al., 2001)

4.4. Résistance au vent , neige et grêle

En raison de l'enroulement des feuilles, de la tige et de l'épi plus forts et de la surface foliaire inférieure avec des feuilles plus petites, plusieurs cultivars Altiplanic et Salar sont très résistants à la grêle. Avec un système racinaire plus gros et des ramifications qui offrent un meilleur support à la plante, certaines peuvent résister à la neige. Enfin, les cultivars courts avec des tiges robustes et des systèmes racinaires bien développés supportent mieux le vent. (Mujical et al., 2001 in Lebonvallet, 2008)

4.5. Résistance aux maladies, parasites et ravageurs

Ravageurs La principale maladie rencontrée chez le quinoa est le mildiou. Les variétés altiplaniques et du salar n'y sont pas toutes résistantes, mais le climat sec n'est pas propice à son apparition. En revanche, la forte teneur en saponine de la graine chez la plupart des variétés du salar les rend moins sensibles aux attaques d'oiseaux ou de parasites, grâce à son goût amer et sa toxicité pour les animaux de petite taille. (Tapia et al., 2000 in Lebonvallet , 2008)

Selon **Valencia - Chamorro (2003)**, signalé dans tous les domaines de culture du quinoa le mildiou est considéré comme endémique dans les hauts plateaux andins et constitue une contrainte importante à la production du quinoa puisqu'il entraîne une baisse de rendement significative.

Le kconakcona (*Scrobipalpula sp.*), petit insecte de l'ordre des lépidoptères (papillons), est probablement le ravageur le plus grave du quinoa. Lorsque les périodes de sécheresse et des températures élevées sont présents, les insectes attaquent intensément. Les larves détruisent d'abord les feuilles et l'inflorescence. Plus tard, lorsque les plantes sont matures, les larves détruisent la panicule et les graines. (**Valencia – Chamorro, 2003**)

Quant aux oiseaux et aux parasites, les graines de quinoa contiennent une forte teneur en saponine, un composant qui les rend moins sensibles à ces attaques grâce à son goût amer et à sa toxicité pour les animaux de petite taille. (**Tapia, 2000**)

5. Composition chimique et valeur nutritionnelle des graines de quinoa

Les graines du quinoa ressemblent à de petits disques aplatis d'environ 2 mm de diamètre et de couleur légèrement jaune. De saveur agréa blé et légèrement parfumée, le quinoa est aussi très nutritif. Il est très riche en minéraux oligo – éléments, vitamines, acides gras insaturés et surtout en acides aminés. Le quinoa contient plus de protéines que n'importe quelle autre céréale, soit en moyenne 16,2 %, comparé aux 7,5 % du riz ou 14 % du blé. A l'image du lait, ses protéines sont complètes avec un équilibre d'acides aminés proche de l'idéal, riches en lysine, méthionine et cystine. C'est une des rares graines à contenir les 8 acides aminés essentiels. Elles constituent aussi une bonne source de magnésium de zinc de cuivterritoire, de potassium et de manganèse. Le quinoa contient aussi de l'acide folique qui permet lutter contre l'anémie (fer). (**Ballon, 1987**)

Tableau(3) : Composition chimique de quinoa pour 100g de produit sec. (**Ballon, 1987**)

Quinoa	
Protéines(g)	13,8
Glucides(g)	59,7
Lipides(g)	5,0
Minéraux(g)	3,4
Calcium (mg)	85
Magnésium(mg)	204
Fer (mg)	4,2

5.1. Les protéines

Les protéines de stockage peuvent être définies comme des protéines dont la principale fonction est de fournir les éléments nécessaires au développement des jeunes plants (**Shewry, 2002**). Elles sont déposées dans des corps protéiques consistant en une matrice protéique contenant un ou plusieurs cristaux globoides, ceux – ci renfermant du phosphore, du potassium et du magnésium ; et sont localisés dans l’endosperme et l’embryon de la graine de quinoa. (**Prego et al., 1998**)

La grande majorité des protéines de stockage se répartissent en quatre grands groupes :

Les globulines, subdivisées en deux classes distinctes sur la base de leurs coefficients de sédimentation.

Selon **Zevallos et al. (2012)** et **Biesiekierski et al. (2013)**, les protéines du quinoa ne contiennent pas, ou très peu, de prolamines qui sont les principales protéines de réserve des céréales conventionnelles. Ces prolamines, telles que la gliadine du blé ou l’hordénine de l’orge, sont collectivement appelées « gluten » et induisent des réponses auto – immunes chez les patients coeliaques.

Tableau 4: Acides aminés en la plante quinoa (%). (**Johnson et Aguilera. 1980**)

Acide aminé	Quinoa
Isoleucine	0,4
Leucine	6,8
Lysine	5,1
Phénylalanine	4,5
Tyrosine	3,8
Cyctine	2,4
Méthionine	2,2
Threonine	3,7
Tryptophane	1,2
Valine	4,8

Chapitre II

Matériel et Méthodes

1. Objectif de l'essai

Le but de notre essai est de tester l'effet de la mécanisation de l'opération de semis sur la qualité des rendements en grains de quinoa en termes de la teneur en azote et en protéine.

2. Matériel végétal

L'étude a porté sur 3 variétés de quinoa : GIZA 02, QUINOA NOIR et Q 105 (figure 5). Les semences de ces variétés sont fournies par l'ITDAS de Biskra, et testées lors d'un essai de semis mécanique à l'aide d'un semoir en lignes pour céréales avec différentes doses de semis (tableau 5) sur le rendement de quinoa pendant la campagne 2020 /2021. Les caractéristiques de variétés expérimentées sont regroupées dans (le tableau 6)



Figure 4: Graines de quinoa (matériel végétal). (Originale, 2022)

Tableau 5: Doses de semis mécanique appliquées pour chaque variété.

Dose de semis (kg/ha)	Giza 02	Q noir	Q 105
D1	1.57	1.44	1.28
D2	3.14	2.88	2.56
D3	6.28	5.76	5.12

Tableau 6: Caractéristiques des variétés

	GIZA 02	Q NOIR	Q105
Origine	Egypte		<i>Pérou</i>
Cycle	Court	Moyenne	Tardive
Grain (taille et couleur)	2 à 2.5 mm Blanc	2 à 2.5 mm Noir	1.75 à 2mm Jaune blanchâtre
Productivité	Bonne	Moyenne	Moyenne
Faculté germinative	98.64 %	88%	94.64%
PMG	4.92	4.52	4.03

3. Préparation des échantillons

Après la récolte, dix plants ont été sélectionnés de manière aléatoire en forme diagonale dans chaque parcelle élémentaire (pour chaque variété et pour chaque traitement) et séchés à l'aire libre dans un endroit ombragé pendant 15 à 20 jours ; les graines récupérées sont nettoyées puis broyées en poudre fine.



Figure 5 : Etapes a) broyage des graines b) tamisage des graines c) poids 0 ,50g

4. Dosage d'azote total (méthode Kjeldahl)

L'azote total est dosé selon la méthode de Kjeldahl, appliquée aux céréales. Elle s'effectue en trois étapes : la minéralisation de l'échantillon, la distillation de la solution minéralisée et enfin la titration de la solution distillée.

4.1. Minéralisation

L'échantillon est minéralisé en milieu acide sulfurique en présence de cuivre et d'un catalyseur (les plus employés sont le sélénium mélangé à du sulfate de cuivre). Dans les conditions de minéralisation, l'azote organique est retrouvé sous forme d'ammonium. Les ions ammonium sont transformés en ammoniac par passage en milieu alcalin. On entraîne NH_3 à la vapeur d'eau et on dose le condensât recueilli par dosage volumétrique acide/base.

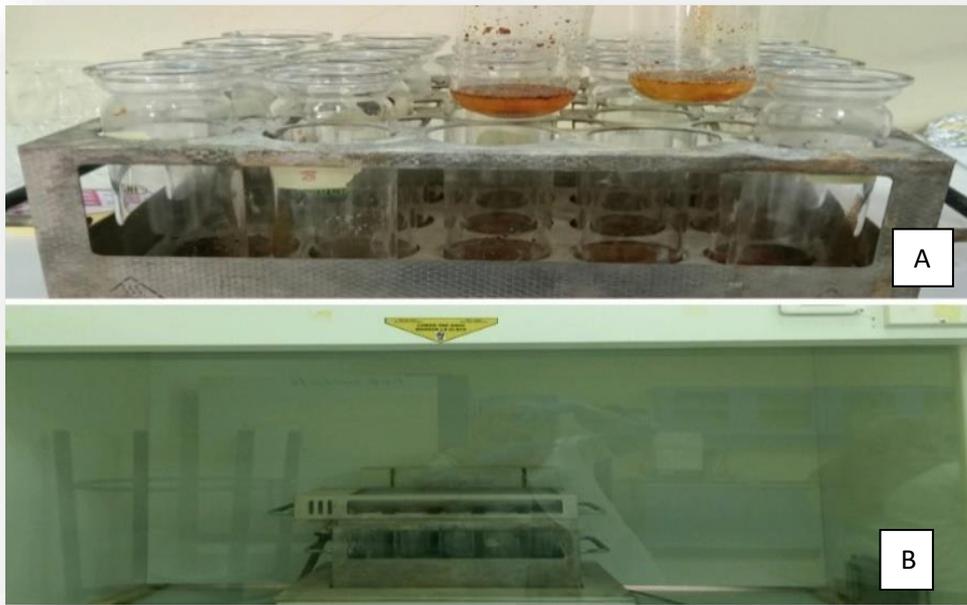


Figure 6: a) la préparation des échantillons b) Minéralisateur

4.2. Distillation

Les ions ammonium sont transformés en ammoniac par passage en milieu alcalin. On entraîne NH_3 à la vapeur d'eau et on dose le condensât recueilli par dosage volumétrique acide/base. L'ammoniac est recueilli dans de l'acide borique en solution à 20 à 40 g/l. En général on utilise 10 ml de solution borique et on recueille le distillat sous un volume de 40 à 100 ml.

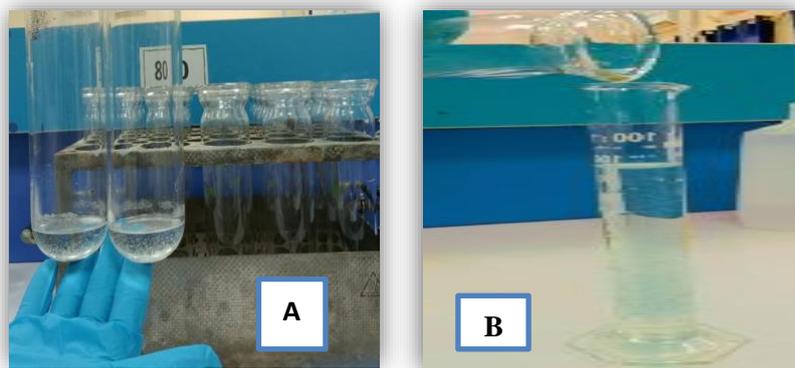


Figure 7 : A) échantillons après les minéralisations B) solution diluée



Figure 8 : A) distillateur



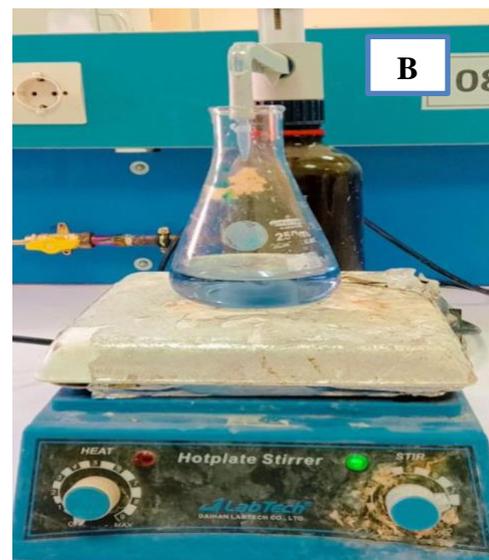
B) distillation

4.3. Titration

La solution de distillat obtenus par la distillation titrée d'acide fort H_2SO_4 0.1 N jusqu'au virage de couleur vert au rose ou violet (selon l'indicateur coloré utilisé). (ISO.1995 in Anonyme 2011).



Figure 9 : A) Burette automatique couleur vert



B) Coloration rose violet

5. Teneur en protéines

La teneur en protéines brutes des grains a été estimée en multipliant la valeur de N total par un facteur de conversion de 6,25 (GEREN. 2015 ; Wali et al, 2022).

6. Analyse statistique

L'analyse de variances a été faite à l'aide du logiciel SPSS 21 (Statistical Package for the Social Sciences) dans le but d'observer la variation au sein des traitements pour les variables observées. Les données obtenues ont été analysées dans ANOVA tandis que le test de comparaison multiple de LSD a été utilisé pour déterminer les différences entre moyennes au seuil de 5% .

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Résultats

I.1. Effet variété

I.1.1. Taux d'azote (%)

Les résultats de comparaison des moyennes montre que les variétés testées ont un effet positif sur le taux d'azote, les analyses statistiques révèlent une différence hautement significative ($p < 0.05$).

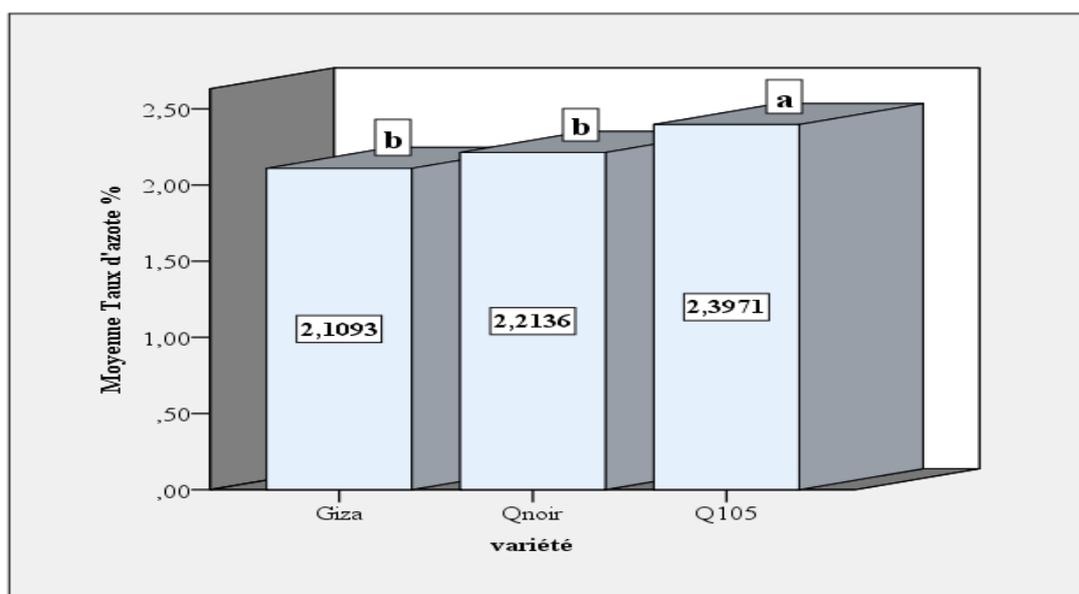
Tableau 7: Tests de comparaison des moyennes entre variétés azote.

Variable dépendante : Taux d'azote %

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
V	,382	2	,191	18,679	,000

a. R deux = ,609 (R deux ajusté = ,576)

Concernant les résultats de la figure (10), on constate que le taux d'azote le plus élevé est de (2,3971%) pour la variété de quinoa 105. Alors que le taux d'azote le plus faible enregistré est de (2,1093%) pour la variété Giza.



Figure(10) : Moyennes des taux d'azote pour les trois variétés

I.1.2. Taux de protéine %

Les résultats de comparaison des moyennes ont montré, que les variétés testées ont un effet positif sur le taux de protéine, les analyses statistiques révèlent une différence hautement significative ($p < 0.05$).

Tableau 8: Test de comparaison des moyennes entre variétés protéines.

Variable dépendante : taux de protéine %

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
V	14,926	2	7,463	18,679	,000

a. R deux = ,609 (R deux ajusté = ,576)

Concernant les résultats de la figure (14), on constate que le taux de protéines le plus élevé est de (14,98%) pour la variété de quinoa 105. Alors que le taux de protéines le plus faible enregistré est de (13,18%) pour la variété Giza. .

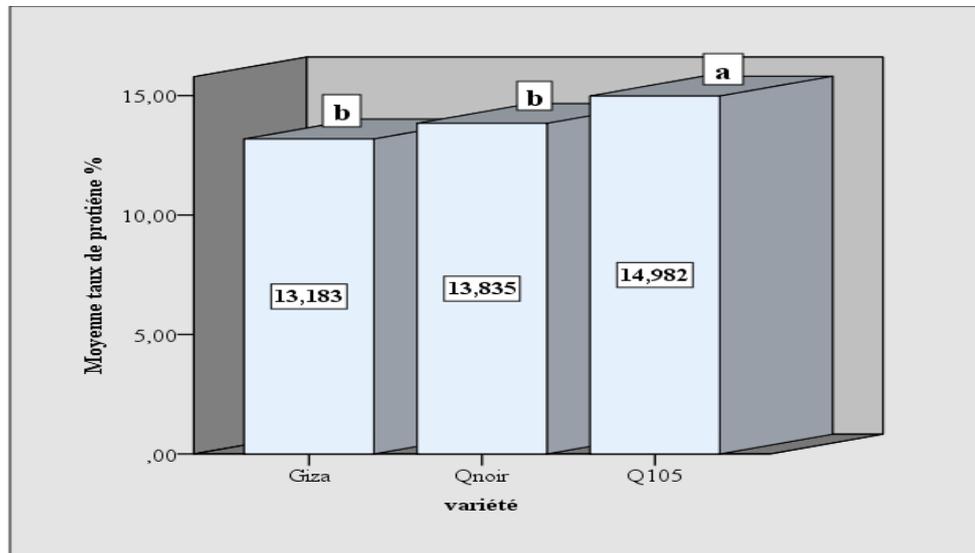


Figure 11 : Moyennes des taux de protéines pour les trois variétés

I.2. Effet dose de semis mécanique

I.2.1. Taux d'azote (%)

Les résultats de l'effet des doses de semis mécanique (D1, D2, D3) sur les moyennes des taux d'azote sont présentés dans le tableau (9) la comparaison des moyennes de ce paramètre est statistiquement et non significative($P > 0,05$).

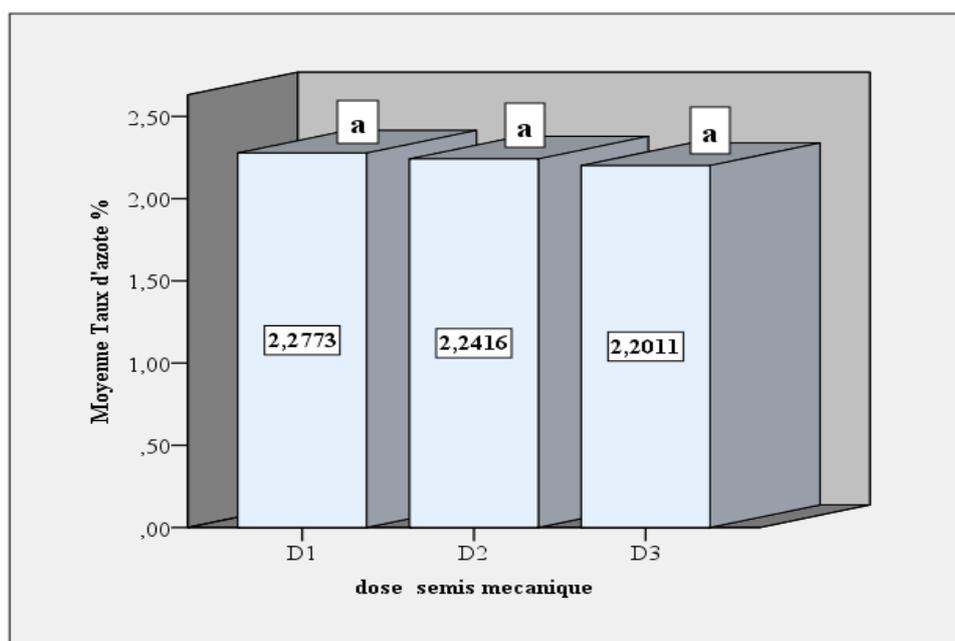
Tableau 9: Test de comparaison des moyennes des doses de semis azote

Variable dépendante : Taux d'azote %

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
DSm	,026	2	,013	,522	,600

a. R deux = ,042 (R deux ajusté = -,038)

D'après les résultats de la figure (15), on constate que la dose de semis (D1) donne un taux d'zote plus important (2,277%). Ainsi que , la doze de semis (D3) donne un taux d'zote (2,201) plus faible.



Figure(12) : Moyennes des Taux d'azote selon dose de semis mécanique

2.2. Taux de protéine %

Les résultats de l'effet des doses de semis mécanique (D1, D2, D3) sur les moyennes des taux de protéines sont présentés dans le tableau (10). La comparaison des moyennes de ce paramètre est statistiquement non significative ($P > 0,05$).

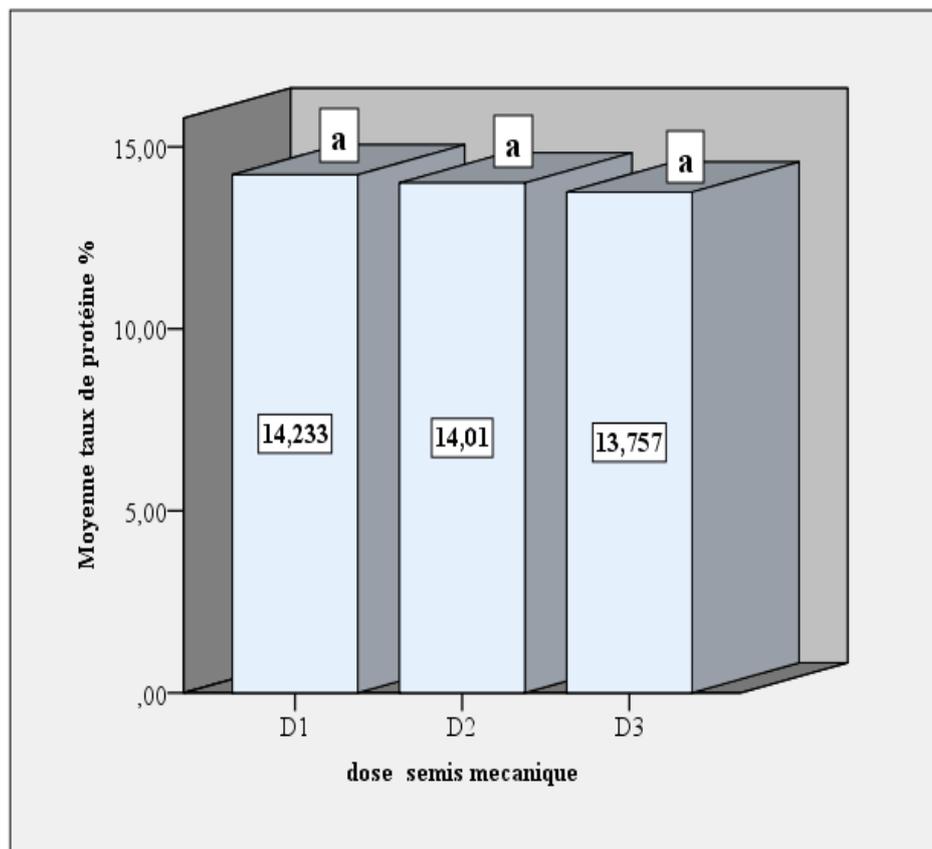
Tableau 10 : Test de comparaison des moyennes des doses de semis protéines

Variable dépendante : taux de protéine

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Moyenne des carrés	D	Sig.
Dose semis mécanique	1,023	2	,511	,522	,600

a. R deux = ,042 (R deux ajusté = -,038)

D'après les résultats de la figure (16), on constate que la dose de semis (D1) donne un taux de protéines le plus important (14,233%). Ainsi que, la dose de semis (D3) qui a donné un taux se protéines moins important (13,757).

**Figure 13**: Moyennes des taux de protéines en fonction des doses de semis.

Conclusion

Conclusion

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), originaire d' Amérique , a une valeur nutritionnelle élevée et s'adapte aux conditions climatiques et pédologiques extrêmes, ce qui a poussé l' Organisation des Nations Unies pour l' alimentation et l' agriculture à le déclarer culture pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle. De plus, la demande pour cette culture a atteint son apogée à l'échelle mondiale ces dernières années.

Nous avons étudié l'influence de quelques doses de semis mécanique (D1, D2, D3) sur le taux d'azote et de protéines dans les grains de quinoa.

Nos résultats révèlent que la dose de semis n'a pas d'effet significatif sur le taux d'azote et sur le taux de protéines par conséquent. Toute augmentation ou diminution d'azote n'est pas liée à une augmentation ou diminution de la dose de semis, Alors que vali (2020) a trouvé que la fertilisation affectait le taux d'azote, Où fertiliser le sol avant la plantation augmente le taux d'azote.

En ce qui concerne l'effet variété, nous avons constaté qu'il y a une influence significative. Donc, pour avoir des grains de quinoa plus riches en protéines, il faut choisir la variété qui donne le taux d'azote le plus élevé.

Enfin, nous attirons l'attention sur les avantages du semis mécanique en termes d'économie de la semence de quinoa.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Alvarez – Jubete L. , Arendt E.K. , Gallagher E. (2009) . Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten – free ingredients .Int . J. Food Sci .Nutr . , 60 (S4) , 240-257 .
2. Basu N. ,Rastogi R.P. (1967) . Triterpenoidsaponins and saponinins .Phytochemistry , 6 (9) , 1249-1270 .
3. Benlhibib , (2005) . les cultures alternatives : Quinoa , amarante et épeautre . Bulletin du PNTTA n ° 133 , octobre 2005 .
4. Biesiekierski J.R. ,Muir J.G. , Gibson P.R. (2013) . Is gluten a cause of gastrointestinal symptoms in people without celiac disease ? Curr .AllergyAsthmaRep . , 13 (6) , 631-638 .
5. Bois J.F. , Winkel T. , Lhomme J.P. , Raffaillac J.P. , Rocheteau A. (2006) . Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .) to temperature : Effects on germination , phenology , growth and freezing , 25 (4) , 299-308 .
6. Brock EgA . , (2003) . Peru : diez mil anos de domesticacion – lima : Editorial bruno .
7. Brownawell A.M. ,Caers W. , Gibson G.R. , Kendall C.W.C. , Lewis K.D. , Ringel Y. , et al . (2012) . Prebiotics and the health benefits of fiber : current regulatory status , future research , and goals . J. Nutr . 142 (5) , 962-974
8. Bruno M.C. , Whitehead W.T. , 2003. *Chenopodium* cultivation and formative period agriculture at Chiripa , Bolivia , Latin American Antiquity . 14 (3) : 339-355 .
9. Catacora P. ,Canahua A. Selección de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd .) resistentes a heladas y perspectivas de producción en camellones . Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos . 4-8 Fév .1992 , Morales et Vacher , La Paz , Bolivia , 53-56 .
10. Cieza de León P. 1560. La crónica del Perú . I edición Vedia .Historiadores primitivos De las indias . Madrid Tomo II.1879 .
11. Cusack D. (1984) . Quinoa : grain of the Incas .Ecologist , 14 (1) , 21-31 .
12. FAO (Food and agriculture organization) (2013) . Quinoa année internationale .
13. FAO , 2018 , Food and Agriculture Organization . Introduction du quinoa en Algérie . Fois ans agriculture organisation . <https://www.fao.org> .(Date de consultation : 19/04/2019) .
14. FAO , 2018 , Food and Agriculture Organization . Introduction du quinoa en Algérie Fois ans agriculture organisation . <https://www.fao.org> .(Date de consultation : 19/04/2019) .
15. Felix , D. , (2004) . Diagnostic Agraire de la province Daniel Campos , Bolivia : le développement de la filière quinoa et ses conséquences sur l'équilibre du système agraire Aymara . Mémoire ESATI cnearc ,Cicda , Ensam . Monpellier.113p .
16. Gandarillas H. (1979) . Botánica . In : Tapia M.E. ,Gandarillas H. , Alandia S. , Cardozo A. , Mujica A. , Ortiz R. , et al . , editors . La quinua y la kañiwa : cultivos andinos .Bogotá ,Colombia , Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) , Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) , 20-44 .
17. González Martín M.I. , Moncada G.W. , Fisher S. , Escuredo O. (2013) . Chemical characteristics and mineral composition of quinoa by near – infrared spectroscopy . J. Sci . Food Agric . , 94 (5) , 876-881 .

18. Hariadi Y. ,Marandon K. , Tian Y. , Jacobsen S – E . , Shabala S. (2011) . Ionic and osmotic relations quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .) plant grownatvarious salinitylevels . *J. Exp .Bot .* , 62 (1) , 185-193 .
19. Heiser C.B. , Nelson D.C. , 1974. On the origin of the cultivatedChenopods(*Chenopodium*) . *Genetics* . 78 : 503-505 .
20. Herbillon Marie , 2015. Le quinoa intérêt nutritionnel et perspective pharmaceutique . Thèse pour le diplôme d'état de Docteur en pharmacie . Université de Rouen . U.F.R de médecine et de pharmacie . 29-30-38-39-45 P.
21. Hunziker A.T. , 1952. De América .Acme Agency Buenos Aires .p . 1-104 .
22. JaelCalla , (2012) . Manejoagronómicodelcultivo de la quinua
23. Kuljanabhadgavad T. ,Thongphasuk P. , Chamulitrat W. , Wink M. (2008) . Triterpenesaponinsfrom*Chenopodium quinoa* Willd .*Phytochemistry* , 69 (9) , 1919-1926 .
24. Lebonvallet , S. , (2008) . Implantation du quinoa et simulation de sa culture sue l'Altiplano bolivien . Thèse de doctorat , Agro Paris Tech , France .
25. MADRPM (Ministère de l'Agriculture , du Développement Rural et des Pêches Maritimes) , (2005) . Fiche technique sur les cultures alternatives : Quinoa , amarante et épeautre pp1-2 .
26. Mastebroek H.D. , Limburg H. , Gilles T. , Marvin H.J.P. (2000) . Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .) . *J. Sci . Food Agric .* , 80 (1) , 152-156 .
27. Oelke E.A. , Putnam D.H. , Teynor T.M. , Oplinger E.S. Quinoa . Alternative fieldcropsmanual .University of Wisconsin – Extension 1992. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/quinoa.html> . Consulté le 22 octobre 2014 .
28. Palombini S.V. , Claus T. , Maruyama S.A. , Gohara A.K. , Souza A.H.P. , de Souza N.E. , et al . (2013) . Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars . *Food Sci .Technol .* , 33 (2) , 339-344 .
29. Przybylski R. , Chauhan G.S. , Eskin N.A.M. (1994) . Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids . *Food Chem .* , 51 (2) , 187-192 .
30. Rea J. , Tapia M. , Mujica A. Practicasagronomicas . In : Tapia M. ,Gandarillas H. , Alandia S. , Cardozo A. , Mujica A. , Ortiz R. , et al . editors . La quinua y la kañiwa : cultivosandinos . Bogotá , Colombia , Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) , InstitutoInteramericano de CienciasAgrícolas (IICA) , 1979 , 83-120 .
31. Risi C.J. ,Galwey N.W. (1984) . The *Chenopodium* grains of the Andes : Inca crops for modern agriculture .*Adv .Appl .Biol .* , 10 , 145-216 .
32. USDA (2015) . USDA National NutrientDatabase for Standard Reference , Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page , http://www.ars.usda.gov/main/site_main.htm?modecode=80-40-05-25 , consulté le 5 janvier 2015 .
33. Valencia – Chamorro S.A. Quinoa . In : Cabalero B. 2e éd .*Encyclopedia of Food Science and nutrition* vol .8) , Amsterdam , AcademicPress , 2003 , 4895-4902 .
34. Vidal Apaza (INIA) , Gladys Cáceres (INIA) , Rigoberto Estrada (INIA) , RemberPinedo (FAO) 2013.catálogo de variedadescomerciales de quinua en el Perú

35. Zevallos V.F. , Ellis H.J. , Suligoj T. , Herencia L.I. , Ciclitira P.J. (2012) . Variable activation of immune response by quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .) prolamins in celiacdisease . *Am . J. Clin .Nutr .* , 96 (2) , 337-344 .
36. Anonyme 2011 : DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL PAR MÉTHODE DE KJELDAHL. *Analyschim/tp_kjeldahl-nproteiq.odtjfperrinmaj 2006-2011*. 4P.
37. **FAO, 2011:Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security.** Regional Office for Latin America and the Caribbean.July 2011. 63P
38. -GEREN H.2015: effects of differentnitrogenlevels on the grain yield and someyield components of quinoa (*chenopodium quinoa willd.*) undermediterraneanclimatic conditions. *Turk J Field Crops*, 20(1), 59-64.
39. **Lebonvallet S. 2008** : Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'altiplano bolivien. Thèse doctorat. Agro Paris Tech. France.
40. -**Tapia M E, Fries A M. 2007** : GUÍA DE CAMPO DE LOS CULTIVOS ANDINOS.Primeraedición. Tiraje 2000 ejemplares. FAO y ANPE. Lima.
41. Wali A M, M. Kenaway K., Ibrahim1 O. M. and. Abd El Lateef E. M. 2022: Productivity of Quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) under new reclaimedsoil conditions atnorth-western coast of Egypt. *Bulletin of the National Research Centre* (46 :38).

Annexes

Tests de normalité

	Variété	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Taux d'azote %	Giza	,239	9	,147	,900	9	,251
	Qnoir	,202	9	,200*	,891	9	,206
	Q105	,136	9	,200*	,981	9	,967

*. Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.

a. Correction de signification de Lilliefors

Tests de normalité

	Dose semis Mécanique	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Taux d'azote %	D1	,193	9	,200*	,921	9	,403
	D2	,266	9	,066	,849	9	,072
	D3	,203	9	,200*	,907	9	,296

*. Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.

a. Correction de signification de Lilliefors

Tests de normalité

	Variété	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Taux de protéine	Giza	,239	9	,147	,900	9	,251
	Qnoir	,202	9	,200*	,891	9	,206
	Q105	,136	9	,200*	,981	9	,967

*. Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.

a. Correction de signification de Lilliefors

Tests de normalité

	Dose semis Mécanique	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
taux de Protéine	D1	,193	9	,200*	,921	9	,403
	D2	,266	9	,066	,849	9	,072
	D3	,203	9	,200*	,907	9	,296

*. Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.

a. Correction de signification de Lilliefors

Résumés

Résumé

Le quinoa est un pseudo céréale originaire de l'Amérique latine cultivée depuis la civilisation des Incas. Il se caractérise par sa haute valeur alimentaire et son grand pouvoir adaptatif aux conditions agro écologiques. Dans ce modeste travail nous avons testé l'influence de trois doses de semis mécanique sur le taux d'azote et de protéines de trois variétés (Q105, quinoa noir et Giza). Le résultat obtenu indique que les doses de semis mécanique n'ont aucun effet sur le taux d'azote et des protéines dans les grains de quinoa. Tandis que ces taux étaient significativement différents entre les trois variétés. De ce fait, le choix de la variété impacte la richesse en protéines de la production de quinoa.

Mots clés : Quinoa, semis mécanique, azote, protéines, dose, variété.

Abstract

Quinoa is a pseudocereal native to Latin America cultivated since the civilization of the Incas. It is characterized by its high food value and its great adaptive power to agro-ecological conditions. In this modest work we tested the influence of three doses of mechanical sowing on the nitrogen and protein levels of three varieties (Q105, black quinoa and Giza). The result obtained indicates that the doses of mechanical sowing have no effect on the rate of nitrogen and proteins in quinoa grains. While these rates were significantly different between the three varieties. Therefore, the choice of variety impacts the protein richness of quinoa production.

Keywords: Quinoa, mechanical sowing, nitrogen, protein, dose, variety.

ملخص

الكوينوا هي من الحبوب الزانفة اصلها من أمريكا اللاتينية المزروعة منذ حضارة الإنكا. يتميز بقيمته الغذائية العالية وقدرته الكبيرة على التكيف مع الظروف الزراعية البيئية. في هذا العمل المتواضع اختبرنا تأثير ثلاث جرعات من البذر الميكانيكي على مستويات النيتروجين والبروتين لثلاثة أصناف (Q105 ، الكينوا السوداء والجيزة). تشير النتيجة التي تم الحصول عليها إلى أن جرعات البذر الميكانيكي ليس لها تأثير على معدل النيتروجين والبروتينات في حبوب الكينوا. بينما اختلفت هذه المعدلات بشكل كبير بين الأصناف الثلاثة. لذلك ، فإن اختيار الصنف يؤثر على ثراء البروتين في إنتاج الكينوا.

الكلمات المفتاحية: الكينوا ، البذر الميكانيكي ، النيتروجين ، البروتين ، الجرعة ، الصنف.