



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED

N° de série :

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم الفلاحة

Département d'Agronomie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en
Agronomie

Spécialité : Production Végétale

THEME

**Etude du comportement de 05 variétés de Quinoa
(Chinopodium Quinoa.Willd) dans la vallée d'Oued
Righ (La station de l'ITDAS)**

Présentés Par :

Mme. Bradai Sabrina

Mme. Bellaka Rahima

Devant le jury composé de :

Président : ALALI Ahmed

M.C.A. Université d'El Oued.

Examineur : BELAHBIB Abd El Hamid

M.C.A. Université d'El Oued.

Promoteur : Dr. Merdaci Samir

M.C. Université d'El Oued

Année universitaire: 2022/2023

Remerciements

Au terme de cette mémoire, Nous remercions avant, Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour terminer nos études, et nous avoir permis la réalisation de ce présent travail.

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements à Monsieur **Merdaci Samir**, notre encadreur, Maître de conférences au département d'Ecologie et génie de l'environnement à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la terre et de l'univers, de l'université d'El oued qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve ici l'expression de nos profonds respects.*

*Nous adressons aussi nos plus vifs et ardents remerciements à Monsieur **ALALI Ahmed** pour avoir bien voulu présider le jury Nous tenons également à remercier nous examinateur Monsieur **BELAHBIB Abd El Hamid** qui ont bien voulu nous honorer de leur présence dans ce jury et leurs orientations.*

*Nous exprimons nos plus grands remerciements à tous nos collègues de travail de la station de L'ITDAS d'El Arfiane la commune de Tinedla Daira de Djamaa notamment Madame la directrice **Khaled Halima**.*

*Un grand merci à notre collègue d'étude **Slimani Rahima** pour son aide précieuse.*

En fin Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

La mémoire de mon père.

La mémoire Ma mère.

A la lumière de ma vie DJAAFAR KHEMIS

MES ENFANTS:

FATIMA DJANA-ASMA-ROKIA-MEHAMED SAID

Mes frères et sœurs

Toutes mes grandes familles BELLAKA -KHEMISS-BEN

DOUIOUE

Toutes mes amies et mes collègues

Mon binôme Sabrina

RAHIMA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père.

Ma chère mère.

*A mon cher mari **NACER -LAKHDAR***

MES CHÈRES ENFANTS:

ALIA-YAAKOUB-ASMA

Mes frères et mes sœurs

*Toutes mes grandes familles **BRADAI -NACER -ALIANE***

Toutes mes amies et mes collègues

*Mon binôme **RAHIMA***

SABRINA

La liste des abréviations

Abréviation	Signification
ANOVA	Analysis of Variance
APG III	Angiosperm Phylogeny Group (troisième version de classification botanique des angiospermes)
ITDAS	Institut technique de développement de l'agronomie saharienne
FDPS	Ferme de Démonstration et de la Production de Semence
FAO	Food and Agriculture Organisation
PMG	Poids Mille Graines
Hi	Indice de récolte
CERCAM	GROUPE CREDIT AGRICOLE DE MAROC
MADRPM	Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et des Pêches Maritimes de Maroc
NASA	NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION U.S.A.
Tutiempo	Site net de météo mondiale

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	page
01	classification scientifique du quinoa	5
02	Composition des grains de quinoa et de blé (g/100g de matière sèche)	10
03	Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine).	10
04	Données climatiques de la région étudiée durant la période 2012-2022.	24
05	signification de code de chaque variété	30
06	Suivi de l'apparition des stades phénologiques des variétés testées par jours	37
07	nombre de plants levés/m ²	38
08	Hauteur de plantes en cm	38
09	Analyse de l'ANOVA de la hauteur des plantes	38
10	Nombre de ramifications/plante	39
11	Analyse de l'ANOVA de nombre de ramifications/plante plantes	39
12	Indice de récolte (Hi) d'une plante	40
13	Analyse de l'ANOVA de l'Indice de récolte (Hi) d'une plante	40
14	Indice de récolte (Hi) d'une (1) m ²	41
15	Analyse de l'ANOVA de l'Indice de récolte (Hi) d'une (1) m ²	41
16	Rendement en grains pour un mètre carré	42
17	Analyse de l'ANOVA de Rendement en grains pour un mètre carré	42
18	Poids de Mille(1000) grain en g (PMG)	43
19	Analyse de l'ANOVA de Poids de Mille(1000) grain en g (PMG)	43

Liste des figures

N° de figure	Titre	page
01	Origine de quinoa " lac Titicaca "	3
02	Système racinaire du quinoa.	7
03	Types des ramifications de quinoa.	8
04	Forme d'inflorescence de quinoa.	9
05	Plante de quinoa infecté par Peronospora farinosa	14
06	Stades phénologiques de quinoa	18
07	Distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du sud.	19
08	Carte géographique de la région d'Oued Righ.	21
09	La localisation géographique de la vallée de l'oued Righ.	22
10	Localisation de la région d'Oued Righ sur le climagramme.	26
11	Diagramme Ombrothermique de Gausson de la région d'Oued Righ durant la période (2013-2022).	26
12	Localisation de la zone d'étude.	27
13	Le dispositif expérimental de l'essai	28
14	Le site expérimental.	29
15	Photos de labour et préparation des parcelles.	29
16	Le fumier de poulet utilisé.	30
17	Les Cinq variétés cultivées (matériels végétal).	31
18	Matériels utilisées	31
19	Photos de semis des 5 variétés de quinoa	32
20	Mode d'irrigation	32
21	La récolte de quinoa	33
22	Photos de battage et finage de quinoa manuellement	33

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des Tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
Introduction.....	1
Première partie: Synthèse bibliographique	
Chapitre I: Eude bibliographique sur le quinoa	
1. Généralités sur le quinoa.....	3
1.1. Origine et historique de quinoa.....	3
1.2. Classification de quinoa.....	4
1.2.1 Classification scientifique.....	4
1.2.2. Classification morphologique.....	5
1.3. Ecotypes	6
1.3.1.Écotype (a)	6
1.3.2. Écotype (b)	6
1.3.3. Écotype (c)	6
1.3.4. Écotype (d)	6
1.3.5. Écotype (e)	6
1.4. Morphologie de quinoa	6
1.4.1 Caractères végétatifs	7
1.4.1.1. Racine	7
1.4.1.2 Tige.....	7
1.4.1.3. Feuilles.....	8
1.4.1.4 Ramifications.....	8
1.4.2. Caractère floraux.....	8
1.4.2.1. Inflorescence.....	8
1.4.2.2. Fleurs.....	9
1.4.2.3. Fruit et graine.....	9
1.5. Composition de grains de quinoa.....	10
1.5.1. Valeur nutritive.....	10
1.5.2. Saponine	11
1.6. Exigences climatiques du quinoa	11
1.6.1. Eau	12
1.6.2. Exigences édaphiques	12
1.7. Pratiques agricoles du quinoa.....	12
1.7.1. Semis.....	12
1.7.2. Fertilisation.....	13
1.7.2.1. Fumure de fond.....	13
1.7.2.2. Fumure d'entretien	13
1.7.3. La Récolte.....	13
1.8. Principales maladies et ravageurs	13
1.8.1. Mildiou.....	13
1.8.2. Larve "Quema-Quema"	14

1.8.3. Larve "Polilla de la quinoa"	14
1.8.4. Oiseaux.....	14
1. 9. Résistance du quinoa aux contraintes abiotiques	14
1.9.1. Résistance à la sécheresse: (contrainte hydrique).....	14
1.9.2. Résistance à la salinité: (contrainte saline).....	15
1.9.3. Résistance aux maladies, parasites et ravageuses.....	15
1.10. Stades phénologiques de quinoa.....	16
1.10.1. Levée	16
1.10.2. Deux feuilles vraies.....	16
1.10.3. Quatre Feuilles vraies.....	16
1.10.4. Six feuilles vraies.....	16
1.10.5. Ramification	16
1.10.6. Début de formation de la panicule.....	16
1.10.7. Panicule L'inflorescence.....	17
1.10.8. Début de floraison.....	17
1.10.9. Floraison	17
1.10.10. Grain laiteux.....	17
1.10.11. Grain pâteux	17
1.10.12. Maturité physiologique.....	17
1.11. Production et distribution géographique de quinoa.....	19
1.11.1 Production mondiale de quinoa.....	19
1.11.2. Introduction de la culture du quinoa en Algérie.....	19
1.12. Utilisations de quinoa.....	20
Chapitre II: Etude de la région	
1. Présentation de la région d'Oued Righ.....	21
1.1. Situation géographique	21
1.2.Situation administrative.....	23
1.3. Topographie.....	23
1.4. Sol	23
1.5. Hydrogéologie.....	23
1.6. Paysage agricole.....	23
1.7. Drainage.....	24
1.8. Climatologie.....	24
1.8.1. La Pluviométrie.....	25
1.8.2. La Température.....	25
1.8.3. Le vent.....	25
1.8.4. L'Humidité relative.....	25
1.8.5. Synthèse Climatique.....	25
1.8.5.1. Climagramme D'Emberger	25
1.8.5.2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen	26
Deuxième partie: Etude d'expérimentale	
Chapitre III: Etude d'expérimentale	
I. Matériels et méthodes.....	
1. Objectif de l'étude.....	27
2. Présentation de site d'étude.....	27

2.2.1 Description de la zone d'étude.....	27
2.2.2 Les caractéristiques pédoclimatiques de la zone d'étude(FDPS).....	28
2.2.3 Coordonnées géographiques.....	28
2.2.4. Caractéristiques de sol.....	28
2.2.5. Caractéristiques de l'eau d'irrigation.....	28
2.3. Méthode de travail.....	28
2.3.1. Dispositif expérimental.....	28
2.3.2. Labour.....	29
2.3.4. Fertilisation.....	29
2.3.4.1. Fumure de fond.....	29
2.3.4.2. Fumure d'entretien.....	30
2.3.5. Matériels végétal.....	30
2.3.6. Matériels utilisés.....	31
2.3.7. Semis.....	32
2.3.8. Désherbage.....	32
2.3.9. Irrigation.....	32
2.3.10. Récolte.....	33
2.3.11. Battage et finage de quinoa.....	33
2.3.12. Méthode d'analyse utilisée.....	34
II. Résultats et Discussion.....	35
1. Les résultats de notre essai.....	35
1.1. Apparition des stades phénologiques.....	35
1.1.1. Levée.....	35
1.1.2. Deux feuilles.....	35
1.1.3. Quatre feuilles.....	35
1.1.4. Six feuilles.....	35
1.1.5. Ramification.....	35
1.1.6. Stade Début de formation de la panicule.....	35
1.1.7. Stade panicule.....	35
1.1.8. Stade début floraison.....	35
1.1.9. Stade floraison.....	36
1.1.10. Stade grain laiteux.....	36
1.1.11. Stade grain pâteux.....	36
1.1.12. Stade maturité.....	36
1.2. Nombre de plants levés/m ²	38
1.3. Hauteur de plantes en cm.....	38
1.4. Nombre de ramifications/plante.....	39
1.5. Nombre de panicules/plante.....	39
1.6. Indice de récolte (Hi) d'une plante.....	40
1.7. Indice de récolte d'une (1) m ²	41
1.8. Rendement en grains par mètre carré.....	42
1.9. Poids de Mille(1000) grain en g (PMG).....	42
Conclusion.....	44
Référence bibliographiques.....	
Annexe.....	

Résumé

Le quinoa (*Chenopodium quinoa*.Willd) est un pseudo céréales originaire d'Amérique latine (Pérou et la Bolivie) appartient à la famille d'Amaranthaceae. Il est caractérisé par sa valeur nutritive élevée et sa tolérance à la salinité. Son introduction en Algérie était en 2014 pour but de diversifier les sources alimentaires et de valoriser les sols et les eaux salés. Le but de notre travail consiste à étudier le comportement variétal de Cinque variétés de Quinoa dans la vallée d'Oued Righ (la station de l'ITDAS El Arfiane) sud-est de l'Algérie. Les résultats obtenus nous ont permis de distinguer trois groupes de variétés ; deux variétés précoces, deux variétés semi tardives et une variété tardive. Les Cinque variétés étudiées ont une adaptation avec les conditions de cette région avec une supériorité chez la variété (Q1) AmarillaSacaca que concernent les deux importants paramètres: rendement et PMG.

Les rendements des variétés sont: Q1 (35.5qx/ha), Q2 (8.7qx/ha), Q3 (16.1qx/ha), Q4 (9.8qx/ha) et Q5 (9.1qx/ha).

Le poids de mille grains: Q1 (3.75g), Q2 (2.67), Q3 (2.88g), Q4 (2.80g), Q5 (3.29g).

Mots clés: Quinoa, Variété, Comportement variétal, adaptation, vallée d'Oued Righ.

Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa*.Willd) is a pseudocereal native to Latin America (Peru and Bolivia) belongs to the Amaranthaceae family. It is characterized by its high nutritional value and its tolerance to salinity. Its introduction in Algeria in 2014 was intended to diversify food sources and enhance salty soils and waters. The aim of our work is to study the varietal behavior of Five varieties of Quinoa in the valley of Oued Righ (ITDAS El Arfiane station) south-east of Algeria. The results obtained allowed us to distinguish three groups of varieties; two early varieties, two semi late varieties and one late variety. The five varieties studied have an adaptation with the conditions of this region with a superiority in the variety (Q1) AmarillaSacaca which concern the two important parameters: yield and PMG.

The yields of the varieties are: Q1 (35.5 q/ha), Q2 (8.7q/ha), Q3 (16.1q/ha), Q4 (9.8q/ha) and Q5 (9.1q/ha).

The thousand grain weight: Q1(3.75g), Q2(2.67), Q3(2.88g), Q4(2.80g), Q5(3.29g).

Keywords: Quinoa, Variety, Varietal behavior, adaptation, Oued Righ valley.

ملخص

الكينوا (*Chenopodium quinoa*.Willd) هي من أشباه الحبوب، أصلها أمريكا اللاتينية (بيرو وبوليفيا) تنتمي إلى عائلة Amaranthaceae. يتميز بقيمته الغذائية العالية وتحمله للملوحة. كان الهدف من إدخاله في الجزائر في عام 2014 تنويع مصادر الغذاء وتحسين التربة والمياه المالحة. الهدف من عملنا هو دراسة السلوك المتنوع لخمسة أصناف من الكينوا في وادي واد ريج (محطة الأغذية ITDAS) جنوب شرق الجزائر. سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها بتمييز ثلاث مجموعات من الأصناف؛ نوعان مبكران، نوعان شبه متأخران وصنف متأخر. الأصناف الخمسة المدروسة لها تكيف مع ظروف هذه المنطقة مع تفوق في الصنف (Q1) AmarillaSacaca فيما يتعلق بالمعاملين المهمين: المحصول و.PMG.

عوائد الأصناف هي (Q1 (35.5qx / ha) ، Q2 (8.7qx/ ha) ، Q3 (16.1qx/ ha) ، Q4 (9.8qx / ha) و Q5 (9.1qx/ ha).

وزن الألف حبة (Q1 (3.75g) ، Q2 (2.67) ، Q3 (2.88g) ، Q4 (2.80g) ، Q5 (3.29g).

الكلمات المفتاحية: كينوا ، تنوع ، سلوك صنف ، تكيف ، واد ريج.

INTRODUCTION

Introduction

Les sols salés couvrent environ un milliard d'hectares dans le monde, ils sont situés principalement dans les régions arides et semi-aride (Hamdy, 1995 in Iddir, 2006)

Les risques de salinité sont plus importants dans les zones arides et semi arides caractérisées par une faible pluviométrie, une forte évapotranspiration et une eau d'irrigation fortement minéralisée (Shannon, 1986 in Nabi, 2009)

La salinité des eaux et des sols constitue une limitation sérieuse de la croissance et du rendement des cultures dans le monde (Mass, 1996; Dajic, 2006; Ashraf et al, 2008 in Nabi, 2009).

La tolérance des plantes à la salinité varie largement en fonction de l'espèce, de la variété, du stade végétatif et des facteurs liés au milieu tel que: la température, l'humidité, l'intensité de la lumière et la fertilité (Daoud et Halitim., 1994 in Derradji ,2020)

L'introduction des espèces tolérantes au stress salin est l'une des techniques utilisées pour faire face à ce problème. Parmi les espèces les plus tolérantes à la salinité "**le Quinoa**" (*Chenopodium quinoa* Willd.); d'après (Hariadi et al, 2011 cité par Fagandini –Ruiz, 2019) le quinoa est une culture adaptée à des conditions défavorables dont la caractéristique principale est la rusticité, qui lui confère une grande tolérance à la salinité du sol.

Le quinoa (*Chenopodium Quinoa*. Wild) est une plante annuelle originaire des Andes. Son intérêt nutritionnel repose sur la présence de protéines (tous les acides aminés essentiels), de minéraux, de vitamines, d'acide linoléique (omega-3), d'amylases, et sur l'absence de gluten. (BAZILE, 2011)

Le quinoa présente un grand intérêt pour différentes régions du globe en raison de son extraordinaire capacité d'adaptation à des conditions écologiques extrêmes. (Bioversity International, 2013)

Le quinoa, cette graine miraculeuse. En décrétant 2013 comme l'Année Internationale du Quinoa, la FAO a promu cette graine de par sa contribution pour la sécurité alimentaire dans le monde, qui est un des Objectifs du millénaire (Veloso ,2016).

Le quinoa est une culture économiquement importante grâce à sa grande productivité (120qx/ha) et son prix mondiale est encore élevé (environ 100 da/1kg de grains) .En revanche ses exigences en fertilisation et en irrigation sont faibles. De plus, l'importance des dérivés de quinoa (huile de quinoa, lait de quinoa, saponines,.....etc.) qu'ils sont impliquées dans l'industrie chimique, pharmaceutique et cosmétique.

D'après (Khaled Halima ,2020) le quinoa est arrivé en Algérie fin 2013 début 2014 à l'occasion de l'Année internationale du quinoa par l'Organisation mondiale de la nutrition et de l'agriculture (FAO) par le biais d'un projet en faveur de l'Algérie et de certains pays arabes

INTRODUCTION

et asiatiques tels que l'Égypte, le Liban, le Maroc et l'Iran. L'introduction du quinoa en Algérie est juste en titre d'essai

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). D'après (Iddir, 2006) en Algérie, les sols salés occupent 3.2 millions d'hectares.

Notre objectif de travail vise à étudier le comportement variétal de Cinq variétés de quinoa dans les conditions de la région d'Oued Righ (station de l'ITDAS).

Première partie:
Synthèse bibliographique

Chapitre I: Etude bibliographique sur le quinoa**1. Généralités sur le quinoa****1.1. Origine et historique de quinoa**

Le quinoa est une culture indigène originaire de la région andine de l'Amérique du Sud, et plus précisément des alentours du lac Titicaca (figure n°1). Cette zone située entre le Pérou et la Bolivie. (Herbillon, 2015)

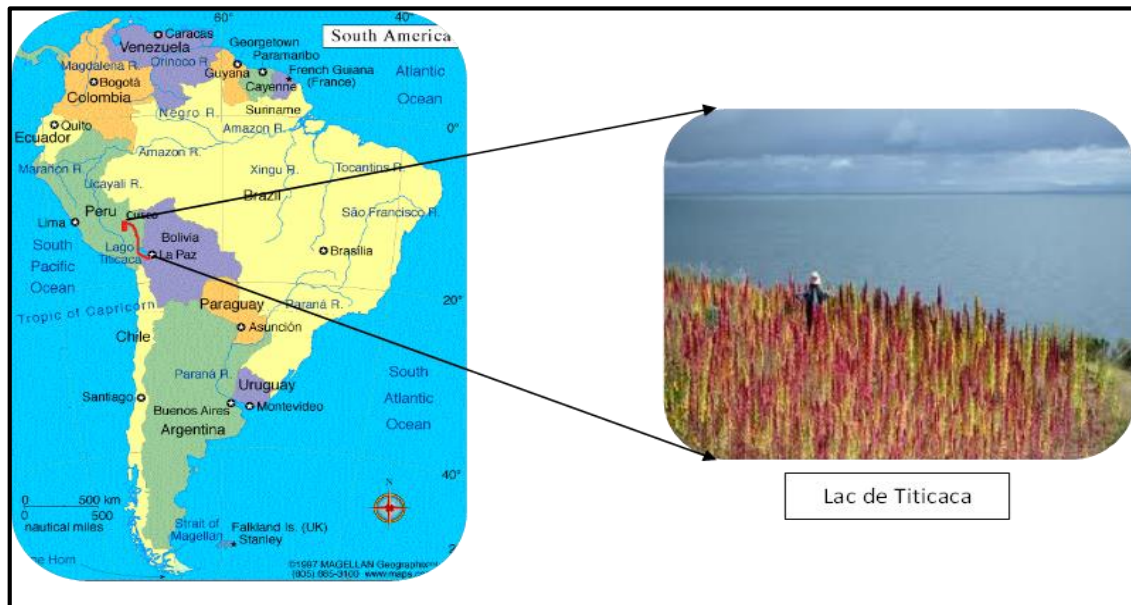


Figure n°1: Origine de quinoa " lac Titicaca " (FAO, 2015)

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. (CERCAM, 2014)

La culture du quinoa a été réduite et est devenue très localisée à la suite de la colonisation espagnole ; le quinoa n'a été revalorisé qu'à partir de la seconde moitié des années soixante grâce à des études sur son potentiel nutritif. Par la suite, dans les années soixante-dix, l'abandon des cultures de quinoa dans diverses zones du Pérou, du Chili et de l'Equateur a entraîné une forte augmentation de la demande de ces pays. Enfin, depuis les années quatre-vingts, l'ouverture du marché vers les pays du Nord et l'augmentation de la demande internationale ont sorti le quinoa de son statut marginal. En particulier, l'attrait croissant depuis le début des années quatre-vingt-dix des pays "développés" pour les produits diététiques, biologiques ou de "commerce équitable", combiné au développement d'une filière biologique de quinoa, continuent d'entraîner une hausse de la demande (Felix, 2004 cité par Lebonvallet, 2008)

Depuis les années 1980, le quinoa connaît un « boom », avec l'augmentation de la demande régionale et internationale. Dans les pays andins, il reste un aliment de base – la consommation bolivienne continue d'augmenter et absorbe 50 % de la production. En Amérique du Nord et en Europe, il est de plus en plus apprécié pour ses qualités diététiques, son mode de culture biologique ou son commerce équitable. (Bazile, 2013)

L'Assemblée générale des Nations unies a déclaré 2013 « Année internationale du quinoa », à la suite d'une proposition de l'État plurinational de Bolivie à la FAO, en reconnaissance aux peuples andins qui ont su préserver le quinoa comme aliment pour les générations présentes et futures. Est ainsi reconnu le rôle que peut jouer cette plante pour la sécurité alimentaire mondiale grâce à sa haute valeur nutritionnelle et à sa biodiversité. Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est une plante annuelle originaire des Andes. Son intérêt nutritionnel repose sur la présence de protéines (tous les acides aminés essentiels), de minéraux, de vitamines, d'acide linoléique (omega-3), d'amylases, et sur l'absence de gluten. (Bazile, 2013)

Selon (Tichoux, 2013) Grâce à ses qualités nutritives, sa grande diversité génétique, son adaptabilité à divers types de sols et ses coûts de production très bas, le quinoa peut être considéré comme une culture stratégique pour la réduction de la pauvreté et de la Malnutrition dans le monde. Pour cela les Nations Unies ont déclaré l'année 2013 « Année Internationale du Quinoa » afin de promouvoir la production et la consommation de ce produit au niveau mondial.

1.2. Classification de quinoa

1.2.1 Classification scientifique

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), espèce allotétraploïde avec 36 chromosomes somatiques ($2x = 4n$, $n = 9$ chromosomes), est une plante herbacée annuelle de la famille des Amaranthacées, sous-famille des Chénopodiacées (Bazile, 2015 et Jellen et al, 2015 in Fagandini –Ruiz, 2019; FAO et cirad, 2015). Depuis 2009, une nouvelle classification dite phylogénétique (APG III) range le quinoa dans la famille des Amaranthaceae, mais nous continuerons de nous référer à la classification de Cronquist

(Tableau n° 1).c'est une plante multi-couleurs et annuelle (Jacobsen et Stolen, 1993 in Rejeibi et al, 2015).

classification de Cronquist (1981)	
Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsidae
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Chenopodiaceae
Genre	Chenopodium
classification APG III (2009)	
Ordre	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Nom binomial	
Chenopodium quinoa Wild, 1978	

Tableau n°1: Classification scientifique du quinoa (FAO, 2013 in Khaled et Hauggui, 2019)

Au sein de cette famille, le quinoa appartient au genre *Chenopodium*, qui présente une large distribution mondiale et dont le nombre d'espèces n'a cessé d'évoluer au cours de la domestication des cultures (modifications morphologiques et physiologiques sous l'influence de l'environnement, sélection de nouvelles variétés, manipulations génétiques...). Si le nombre de 250 espèces a été annoncé il y a une quarantaine d'années (Giusti, 1970 in Herbillon, 2015)

Le nom botanique complet du quinoa, *Chenopodium quinoa Willd.*, inclut l'abréviation de l'auteur correspondant à Carl Ludwig vonWilldenow (1765-1812). (Herbillon, 2015)

1.2.2. Classification morphologique

Selon (Herbillon, 2015) Les premières classifications du quinoa prenaient en compte la couleur de la plante et des fruits, parfois même la forme du fruit ou le goût des grains. L'une des premières classifications connues a été réalisée à partir d'échantillons récoltés sur l'altiplano bolivien en 1917. Il était alors décrit quatre espèces de quinoa : *Chenopodium album*, caractérisé par des grains doux ; *Chenopodium pallidus* aux grains amers ; *Chenopodium ruber* aux grains rouges et *Chenopodium niger* aux grains noirs (Tapia et al, 1979 in Herbillon, 2015). Par la suite, ce sont les caractéristiques morphologiques qui ont été considérées, conformément aux normes taxonomiques.

Malgré la large variation morphologique observée, les botanistes qui ont étudié la taxonomie du quinoa ont convenu qu'il pouvait être considéré comme une espèce unique au sein du genre *Chenopodium* (Tapia et al, 1979 in Herbillon, 2015).

Autre classification plus détaillée rapporte 17 variétés différentes identifiées à partir d'échantillons de quinoa collectés en Equateur, au Pérou et en Bolivie; selon le type d'inflorescence, elles sont regroupées en deux catégories : glomériforme et amaranthiforme, la première correspondant certainement à la forme ancestrale qui aurait donné la seconde par mutation (Gandarillas, 1968a ; Tapia et al, 1979in Herbillon, 2015)

Glomériforme: petits groupes de fleurs issus d'axes tertiaires (variétés : Cajamarca, Copacabana, Cuzco, Challapata, Cochabamba, Sicuani, Junín, Ancash, Glorieta, Dulce (

Amaranthiforme: glomérules provenant d'axes secondaires (variétés : Achacachi, Puno, Real, Potosi, Puca, Sucre et Pichincha)

1.3. Ecotypes

Selon (Fagandini-Ruiz, 2019) Tapia (1996) a proposé de classer cinq grands écotypes de quinoa en fonction de leur adaptation aux différentes zones agro écologiques des Andes:

1.3.1.Écotype (a): quinoas des vallées -andines, divisés entre les quinoas des vallées arides et ceux des vallées humides. Ces quinoas poussent le plus souvent dans des vallées entre 2 500 et 3 600 m, et avec des précipitations de 800 à 1000 mm par an ;

1.3.2. Écotype (b) : quinoas des yungas poussant dans des conditions subtropicales, avec des températures moyennes annuelles supérieures à 20 °C, et à des altitudes comprises entre 1 500 et 2 000 m

1.3.3. Écotype (c) : quinoas de l'Altiplano, autour du lac Titicaca à des altitudes moyennes de 3 800 m, avec des précipitations de 400 à 600 mm par an, et des températures moyennes de 6 à 17 °C ;

1.3.4. Écotype (d) : quinoas des salars (déserts de sel) dans les déserts d'altitude, sous conditions xérophytiques extrêmes, avec des précipitations annuelles inférieures à 200 mm et des températures qui peuvent être inférieures à -20 °C ;

1.3.5. Écotype (e) : quinoas du niveau de la mer jusqu'à environ 1 500 m (précordillère), sous une pluviométrie annuelle de 400 à 2 000 mm. Ces quinoas se retrouvent exclusivement du centre au sud du Chili.

1.4. Morphologie de quinoa

La hauteur de quinoa se comprise entre 0,5 et 3 m, et la plus fréquente étant de 1 m à 1,5 m. Son degré de ramification est contrôlé par des facteurs génétiques et environnementaux. Les couleurs communes du quinoa sont le vert, le violet et le rouge. Les plants verts peuvent devenir blancs, jaunes, orange ou rouges à maturité, les violets peuvent devenir jaunes ou rester violets, et les rouges restent rouges tout au long du cycle (Jacobsen et Stølen, 1993in Lebonvallet, 2008).

1.4.1 Caractères végétatifs

1.4.1.1. Racine

Le quinoa possède une racine en pivot vigoureuse avec un enracinement qui peut être profond. Ce système racinaire profond et ramifié pourrait être une des raisons expliquant la résistance à la sécheresse du quinoa. Juste sous le collet, le pivot se divise pour donner naissance à des racines secondaires et tertiaires. Le pivot est généralement d'une longueur proportionnelle à la hauteur de la plante. (Pacheco et Morlon, 1978 in Lebonvallet, 2008 et Rjeibi et al, 2015)

D'après (Herbillon, 2015) la germination du quinoa est extrêmement rapide à cause de l'absence d'une période de dormance des graines, elle s'initie en seulement quelques heures en présence d'une humidité de sol adéquate.



Figure n°2: Système racinaire du quinoa (Gandarillas, 1979 in Herbillon, 2015)

1.4.1.2 Tige

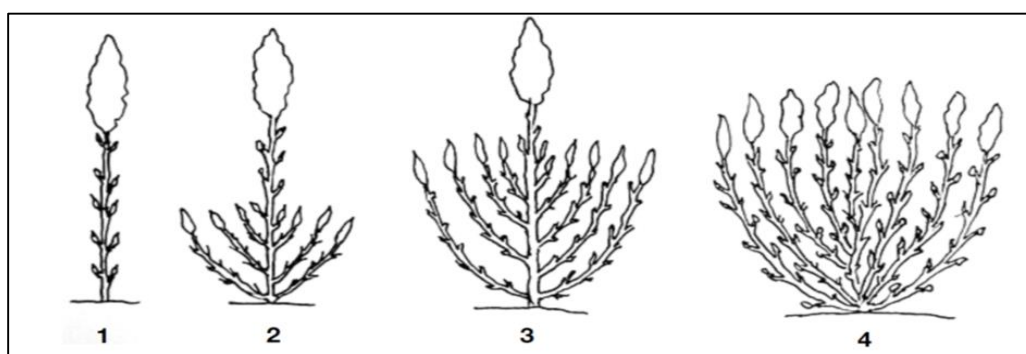
La tige est cylindrique au niveau du collet, puis anguleuse à partir des ramifications. Son diamètre peut varier de 1 à 8 cm, et sa hauteur entre 50 cm et 2 m, selon la variété et les conditions culturales (densité de semis ou fertilisation par exemple). A l'intérieur de la tige, on trouve une moelle non fibreuse, de couleur blanche à crème, qui dans les premiers stades de développement est massive, mais devient aérée et spongieuse à l'approche de la maturité. Au contraire, le cortex est ferme et compact. L'épiderme de la tige peut être vert, à rayures violettes ou rouges, ou encore entièrement rouge (Gandarillas, 1979 in Lebonvallet 2008 et Rjeibi et al, 2015).

1.4.1.3. Feuilles

Les feuilles sont alternes sur la tige. Elles sont pétiolées, avec un pétiole long, fin et cannelé. Les feuilles inférieures sont triangulaires ou rhomboïdales, de grande taille, pouvant atteindre 15x12 cm. Les feuilles supérieures sont lancéolées et plus petites, certaines ne dépassant pas 1 cm de long sur 2 mm de large au sommet de la plante. Les limbes sont généralement plans, mais peuvent parfois être ondulés et épais, et sont plus ou moins dentelés selon les variétés. Les jeunes feuilles sont recouvertes sur les deux faces de papilles blanches, rouges ou violettes, à forte teneur en oxalate de calcium. Outre la présence de ces cristaux, la couleur des feuilles varie d'un génotype à l'autre selon les pigments qu'elles contiennent (Jacobsen et Stølen, 1993 ; Mujica et al, 2001 in Lebonvallet, 2008).

1.4.1.4 Ramifications

D'après (Lebonvallet, 2008), Les ramifications prennent leur origine aux aisselles de chaque feuille de la tige. Leur longueur peut varier entre quelques centimètres et la même longueur que la tige principale, en fonction de la variété et des conditions de culture. Il existe des variétés qui ramifient et d'autres pas. Cela dépend toutefois de la densité de plantation, puisque à faible densité même les variétés simples pourront présenter quelques ramifications.



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

Figure n°3:Types des ramifications de quinoa (Rojas and Pinto, 2013; Biodiversity International, 2013)

D'un point de vue commercial, la ramification des plants est indésirable pour la production des graines de quinoa ; c'est pourquoi dans le cadre d'une culture à grande échelle, l'ensemencement est effectué avec une densité ne laissant aucune opportunité aux plants de se ramifier (Jacobsen et Stølen, 1993 in Herbillon, 2015).

1.4.2. Caractère floraux

1.4.2.1. Inflorescence

L'inflorescence du quinoa est une panicle constituée d'un axe principal duquel émergent des axes secondaires et tertiaires (Risi et Galwey, 1984 in Herbillon 2015). Deux types d'inflorescence ont été décrits chez le quinoa : l'amaranthiforme et le glomérulaire, ce dernier étant le plus fréquent. Chez le type amaranthiforme, les glomérules (ramifications

courtes portant un groupe de fleurs ou de grains) sont insérés directement sur les axes de second ordre, alors que chez le type glomérulaire, ils sont insérés sur les axes de troisième ordre (Bertero et al, 1996 ; Gandarillas, 1979 in Lebonvallet, 2008).

La longueur de la panicule varie selon la variété, l'environnement et les conditions de fertilité du sol. Elle peut atteindre 30 à 80 cm de long pour 5 à 30 cm de diamètre. Le nombre de glomérules par panicule varie entre 80 et 120 et le nombre de graines par panicule entre 1000 et 3000. On peut trouver de grandes panicules qui produisent jusqu'à 500 grammes de graines par inflorescence (Mujica et al, 2001 in Herbillon, 2015).

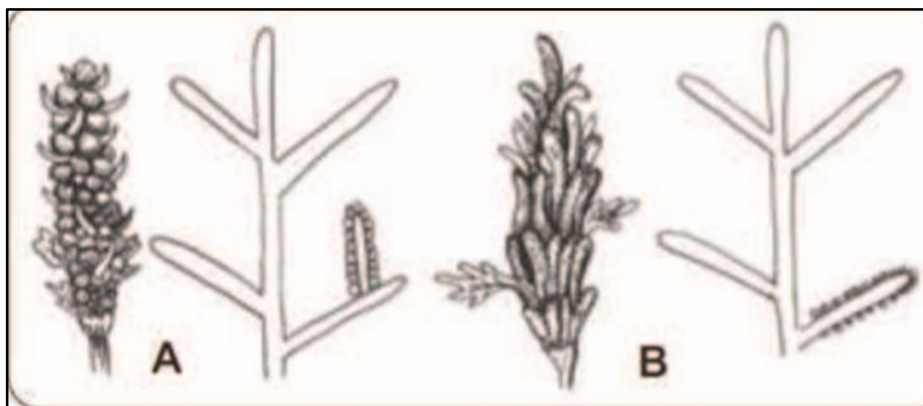


Figure n°4: Forme d'inflorescence de quinoa, A) glomérulaire ; B) amaranthiforme (Tapia et Fries, 2007 in Herbillon, 2015)

1.4.2.2. Fleurs

Les fleurs du quinoa sont petites et incomplètes, ne possédant pas de pétale, et peuvent être femelles ou hermaphrodites. Les fleurs hermaphrodites font de 2 à 5 mm, ont un périanthe sépaloïde constitué de cinq sépales, un pistil et un stigmate à cinq étamines. Les fleurs femelles, composées uniquement d'un périanthe et d'un pistil, ne font qu'entre 1 et 3 mm (Jacobsen et Stølen, 1993 ; Mujica et al, 2001 in Lebonvallet, 2008).

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, 1943 ; Valencia-Chamorro, 2003 in Herbillon, 2015).

1.4.2.3. Fruit et graine

Le fruit est un akène comprenant plusieurs couches, à savoir de l'extérieur vers l'intérieur : périgone, péricarpe et épisperme. Chaque fruit contient une seule graine dont la couleur, la forme et la taille sont variables (Risi et Galwey, 1984 in Herbillon, 2015). Il existe trois formes de graines : conique, cylindrique et ellipsoïdale Sa taille varie entre 1 et 3 mm et son poids entre 2 et 6mg (Jacobsen et Stølen, 1993 ; Mujica et al, 2001 in Rjeibi et al, 2015).

Le fruit est un akène recouvert par le périanthe, duquel il se sépare facilement à l'état sec. Le péricarpe du fruit contient de la saponine, entre 0,02 et 0,51% selon les espèces (Jacobsen et al, 1994 in Lebonvallet, 2008)

1.5. Composition de grains de quinoa

1.5.1. Valeur nutritive :

Le quinoa est très riche en protéines, en lipides, en glucides, et en fibres. Autre intérêt non négligeable pour les personnes souffrantes de la maladie cœliaque le quinoa est dépourvu de gluten (Doweidar et Kamel, 2011 in Fagandini-Ruiz, 2019). Tableau n°1

Il est, en termes de quantité et de qualité de protéines, supérieur à de nombreuses céréales. Le quinoa contient de 11 à 22% de protéines selon les sources selon les sources, alors que cette teneur n'est généralement que de 7 à 13% chez les céréales (Koziol, 1992 ; Cardazo et Tapia, 1979; Wright et al, 2001 ; Schlick et Budenheim, 1996 in Lebonvallet, 2008)

	Quinoa*	Blé**
Protéines	11-21.3	12.5
Lipides	5.3-8.4	2-3
Glucides	53.5-74.3	67-71
Fibres	2.1-4.9	2-4
Cendres	3-3.6	1.5-2.5
Humidité	9.4-13.4	14.5

Sources : * Tapia et al. (2000)/ ** Feillet (2000) in (Lebonvallet, 2008)

Tableau n°2: Composition des grains de quinoa et de blé (g/100g de matière sèche)

D'après (Bazile, 2011) le quinoa est une excellente source de manganèse, de Fer, de cuivre et une bonne source de phosphore, de Magnésium et de zinc.

Acides aminés essentiels	Besoins d'un adulte*	Besoins d'un enfant*	Lait entier de vache **	Quinoa***	Blé**	Soja**
Histidine	16	19	27	31	25	28
Isoleucine	13	28	47	53	35	50
Leucine	19	66	95	63	71	86
Lysine	16	58	78	64	31	70
Méthionine+ Cystine	17	25	33	28	43	28
Phénylalanine +Tyrosine	19	63	102	72	80	88
Thréonine	9	34	44	44	31	42
Tryptophane	5	11	14	9	12	14
Valine	13	35	64	48	47	52
Total	127	339	504	412	375	458

Sources: *Adapté de FAO (1985) **FAO (1970) ***Ayala (2000) in (Lebonvallet, 2008)

Tableau n°3 : Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine)

De plus, ces protéines sont riches en acides aminés essentiels, en particulier en méthionine et en lysine, qui sont les acides aminés limitant dans la plupart des céréales (Comai et al, in Fagandini-Ruiz, 2019)

D'après (Bazile, 2011) l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a montré que les protéines du quinoa seraient équivalentes, en ce qui a trait à leur qualité, à celle contenues dans le lait maternel du fait des acides aminés essentiels qu'il contient. (Tableau n°3)

En raison de son excellente composition nutritionnelle, la NASA a intégré le quinoa dans le système CELLS(en français: Système de survie écologique contrôlé) pour équiper ses missions de longue durée. (Bioversity International, 2013)

1.5.2. Saponine

Les saponines constituent un groupe de composés glycosidiques naturels largement distribués dans le règne végétal. (Basu et Rastogi, 1967 ; Chandel et Rastogi, 1980 ; Price et Johnson, 1987inHerbillon, 2015)

Ces composés ont en commun la propriété d'être soluble dans l'eau et de former des solutions moussantes après agitation (Agarwal et Rastogi, 1974 ; Tyler et al, 1981 in Herbillon, 2015). Leur nom provient d'une plante appelée saponaire (*Saponariaofficinalis* L.) dont la racine a largement été utilisée depuis des siècles comme savon, Les plantes contenant des saponines sont ainsi recherchées pour une utilisation dans les produits ménagers (Bruneton, 2009 in Herbillon, 2015).

Les saponines sont tout d'abord des métabolites secondaires dont la fonction première est de protéger la plante des agressions naturelles en s'accumulant dans les régions les plus exposées à l'attaque des champignons, des insectes ou des oiseaux. Elles ont ainsi été détectées dans toutes les parties de la plante de quinoa, les feuilles, les fleurs, les fruits, et l'enveloppe des graines (Mizui et al, 1988, 1990 ; Cuadrado et al, 1995 ; Mastebroek et al, 2000 ; Kuljanabhagavad et al, 2008 in Herbillon, 2015)

Selon (Herbillon, 2015) elles sont malheureusement responsables du goût amer caractéristique des graines de quinoa et sont considérées comme toxiques en grandes quantités. Avant consommation, les graines doivent donc subir un traitement d'élimination de l'enveloppe dans laquelle les saponines sont particulièrement concentrées.

Leur concentration dans les graines varie selon la variété : pour le quinoa, on parle de variétés « normales » ou « amères » pour les plus concentrées en saponines, et de variétés « douces » avec des teneurs en saponines environ 50 fois inférieure à la normale. Le contenu en sapogénines dans les graines des génotypes doux varie de 0,2 à 0,4 g/kg ; contre 4,7 à 11,3 g/kg pour les génotypes amers. (Mastebroek et al, 2000 in Herbillon, 2015)

1.6. Exigences climatiques du quinoa

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) est une plante annuelle originaire des Andes. Son ample diversité génétique lui permet de s'adapter à divers types de sol, notamment les sols salins, et à des milieux couvrant de larges gradients d'humidité (de 40 à 88%), d'altitude (de 0 à 4 500 m) et de température (de - 8 °C à 38 °C). Cette

adaptabilité constitue un atout dans le contexte de dérèglement climatique et de salinisation des terres agricoles (Bhargava et Srivastava, 2001)

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°C) aux stades 2 feuilles et 6 feuilles ainsi à la haute température (+35°C) au stade floraison (in Hadj Hammou ,2019).

1.6.1. Eau

C'est une plante non exigeante en eau, qui est tolérante et résistante au manque d'humidité des sols, ce qui permet d'obtenir des rendements acceptables avec des précipitations de 100 à 200 mm (Bioversity International, 2013). Le quinoa peut se développer avec une humidité relative allant de 40% à 88% (FAO, 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 qui s'adapte à la sécheresse (ITDAS, 2017).

1.6.2. Exigences édaphiques

Le quinoa pousse bien sur des sols limono-sableux à sablo-limoneux. En Amérique du sud, le quinoa est cultivé sur des sols peu ou trop drainés, de faible fertilité, très acides (pH = 4.8) ou alcalins (pH=8.5) (MADRPM ,2005). La température optimale du sol pour germination des graines de quinoa est de 8-10 °C et la profondeur de semis optimale est de 1-2 cm. Il est important qu'une graine humide et bien structurée la préparation du lit car la petite taille des graines augmente la sensibilité de germination (Yazar et İnce Kaya, 2014in Tidjani et Ababsa, 2019). En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (Durand, 1983 in Saadoune, 2016). Les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (Daoud, 1999 in Saadoune, 2016). Le quinoa peut valoriser de la particularité de ces sols.

1.7. Pratiques agricoles du quinoa

1.7.1. Semis

Selon (Khaled et Hauggui, 2019) La date de semis est variée selon la région mais il faut tenir compte dans le choix de la date des jours courts, des températures fraîches et éviter les hautes températures (+35 C°) au stade floraison, le quinoa est semé dès que les températures nocturnes ne seront plus inférieures à 5 °C.

Le quinoa pousse mieux sous des températures basses de 7 à 10 °C. la germination à lieu 24 heures après le semis et les jeunes plantules émergent 3 à 5 jours plus tard. (MADRPM, 2005)

La profondeur de semis doit être située entre 1 à 1, 25 cm selon le type de sol et son humidité. (MADRPM, 2005) Après les faux semis, le semis peut être réalisé avec un semoir à céréale classique ou manuellement avec une densité de 8 à 10 kg/h. (Khaled et Hauggui, 2019)

L'écartement entre lignes est varié avec un minimum de 35cm. Le peuplement d'environ 320000 pieds/ha est optimal sous des conditions favorables de culture. La dose de semis correspondante se situe entre 0.55 à 0.85 kg/ha. La dose de semis doit

être doublée sous des conditions de levées contraignantes. Les meilleurs rendements ainsi que des plants moins ramifiés. (Tidjani et Ababsa, 2019) Selon (l'ITDAS, 2015)

1.7.2. Fertilisation:

Dans les sols pauvres, la fertilisation est nécessaire afin d'atteindre au bon rendement. Pour le quinoa les exigences en éléments fertilisants sont:

1.7.2.1. Fumure de fond

Le phosphore et la potasse sont deux éléments fertilisants à apporter au moment du labour.

Phosphore est apporté à la dose de 92 Unités/ha.

Potassium est apporté à la dose de 50 Unités/ha.

1.7.2.2. Fumure d'entretien

La quantité d'azote à apporter est de 100 Unités/ha, un apport excessif d'azote retarde la maturation et diminue le rendement au profit de la croissance végétative.

Selon (l'ITDAS, 2017) l'azote apporté soit fractionné au moins en trois apports tout en évitant le stade de floraison.

1.7.3. La Récolte

La récolte commence quand les grains se détachent facilement par simple pression entre les mains. (MADRPM, 2005)

La récolte du quinoa s'effectue manuellement pour les petites superficies et mécaniquement pour les grandes superficies. (l'ITDAS, 2017)

1.8. Principales maladies et ravageurs

1.8.1. Mildiou

Le mildiou du quinoa (*Peronospora farinosa*) est un mycète qui attaque principalement les feuilles, réduisant ainsi la surface photosynthétique de la plante, ce qui affecte son développement et son rendement. Les attaques sévères résultant en une défoliation massive peuvent occasionner des pertes considérables voir totales de production. Ce mycète survit dans le sol sous forme d'oospores durant 2 à 3 ans et sous forme de mycélium dans les grains. Les plantes infectées produisent des sporanges sur la surface inférieure des feuilles qui contaminent les plantes avoisinantes. La propagation de l'infection peut être très rapide. Bien qu'il attaque surtout les feuilles, il peut également attaquer les tiges, les branches et les inflorescences. L'humidité et les basses températures favorisent son incidence. Martinez et al, 2013 in Tichoux, 2013)



Figure n°5:Plante de quinoa infecté par *Peronospora farinosa* (Tichoux, 2013)

1.8.2. Larve "Quema-Quema"

La chenille de lépidoptère diurne « Quema-Quema » attaque les tiges et feuilles des jeunes pousses tendres, entraînant souvent leur destruction complète. (Tichoux, 2013)

1.8.3. Larve "Polilla de la quinua"

La chenille de lépidoptère nocturne « Polilla de la Quinoa » attaque les plants de quinoa au niveau des feuilles et panicules, entraînant la destruction partielle ou complète des inflorescences et/ou grains. (Tichoux ,2013) .

1.8.4. Oiseaux

Plusieurs espèces d’oiseaux nuisent à la productivité des parcelles en se nourrissant des grains récemment semés, diminuant ainsi la densité en plantes des parcelles, en picorant les grains des panicules matures et en les faisant tomber. Ils contaminent également les grains avec leurs déjections (Tichoux ,2013)

1. 9. Résistance du quinoa aux contraintes abiotiques

Il a une tolérance et une adaptabilité à des conditions de culture extrêmes, ce qui le rend intéressant en termes d’agronomie.

1.9.1. Résistance à la sécheresse: (contrainte hydrique)

Afin d’échapper aux périodes de sécheresse, la plante recourt à un allongement du cycle pendant les premiers stades de croissance (Majuca et al, 2001;Jacobsen et al, 2003in Rjeibi et al, 2015)

Le quinoa maintient cependant des rendements jusqu’à 1,5 t/ha avec moins de 200 mm de pluie pendant son cycle (Mujica et al, 2001in Lebonvallet). (D’après Mujica et al 2000), les phases critiques où un stress hydrique a le plus d’effet sur le rendement sont la floraison et le remplissage des grains (in Lebonvallet, 2008).

1.9.2. Résistance à la salinité: (contrainte saline)

En conditions salines, le quinoa se comporte donc comme un halophyte facultatif et pourrait être utilisé pour nettoyer des sols contaminés par le sel (Jacobsen et al. 2000 in Lebonvallet, 2008)

Cela place stratégiquement le quinoa dans une position avantageuse pour les glycoprotéines dans son état secondaire en raison de son aptitude à éviter les graves conséquences d'une forte accumulation de sel. De plus, sa capacité à survivre à des niveaux de salinité supérieurs à ceux de l'eau de mer le rend incomparable et plus adapté que certains autres halophytes soumis à un tel stress abiotique. (Khaled et Hauggui, 2019)

1.9.3. Résistance aux maladies, parasites et ravageuses

La forte teneur en saponine de la graine chez la plupart des variétés du quinoa 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, 2000 in Herbillon, 2015)

1.10. Stades phénologiques de quinoa

Selon (Lebonvallet, 2008) Plusieurs échelles de développement ont été décrites pour le quinoa, telles que celle de Espindola (1994) en neuf phases, ou celle de Mujica et Canahua (1989) en 12 phases. C'est cette dernière que nous avons choisi de présenter ici. Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade. Les différents stades sont illustrés en Figure n°7:

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

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

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

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

1.10.5. Ramification: à partir du stade huit feuilles, soit 45 à 50 jours après le semis, on peut observer pour les variétés qui ramifient la présence de bourgeons axillaires jusqu'au troisième nœud. Les feuilles cotylédonaires, jaunies, tombent et laissent une cicatrice sur la tige. L'inflorescence n'est pas encore visible, recouverte et protégée par les feuilles.

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

- 1.10.7. Panicule L'inflorescence:** est désormais clairement visible au-dessus des feuilles, ainsi que les glomérules qui la composent. Des boutons floraux individualisés apparaissent, 65 à 70 jours après le semis.
- 1.10.8. Début de floraison:** les premières fleurs s'ouvrent 75 à 80 jours après le semis. La plante commence à être plus sensible au froid et à la sécheresse.
- 1.10.9. Floraison:** l'ouverture de 50% des fleurs de l'inflorescence se produit aux environs du 90ème ou 100ème jour. Cette observation doit se faire à la mi-journée, les fleurs se refermant pendant la nuit. C'est durant cette phase que la plante est la plus sensible aux gelées. Les feuilles inférieures, flétries, tombent.
- 1.10.10. Grain laiteux:** le grain est qualifié de laiteux 100 à 130 jours après le semis, car un liquide blanchâtre en sort lorsqu'une pression est exercée sur le fruit. Un déficit hydrique pendant cette phase peut entraîner une forte diminution du rendement.
- 1.10.11. Grain pâteux:** l'intérieur des fruits devient d'une consistance pâteuse, toujours de couleur blanche, 130 à 160 jours après le semis.
- 1.10.12. Maturité physiologique:** le grain, plus résistant à la pression, est à maturité au bout de 160 à 180 jours, avec une teneur en eau inférieure à 15%. Pendant le remplissage des grains depuis la floraison, la plupart des feuilles ont jauni et sont tombées si bien que la défoliation est presque complète à maturité.



Figure n°6: Stades phénologiques de quinoa (Rodriguez Calle J., 2006 inresearchgate.net)

1.11. Production et distribution géographique de quinoa

Le quinoa est cultivé en Amérique du Sud (en particulier dans et autour des Andes), à des latitudes de 5°N jusqu'à 43°S (Pérou, Bolivie, Colombie, l'Equateur, l'Argentine et Chili), à partir du niveau de la mer jusqu'à une altitude de 4000 mètres) (figure n°3). Sous des climats allant du froid aride jusqu'à tropical humide (FAO, 2015)



Figure n°7: distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du sud (Del Castillo, 2008)

1.11.1 Production mondiale de quinoa

Selon (Veloso, 2016) Les principaux producteurs de quinoa sont ainsi la Bolivie et le Pérou. A eux seuls, ils représentent environ 80% des exportations mondiales:

- dans première place le Bolivie avec une production d'environ 28'000 tonnes (49'000 hectares) en 2007 et de 55'000 (95'000 hectares) en 2013;
- dans deuxième place le Pérou avec une production totale de 39'398 tonnes en 2009 et de 44'207 tonnes en 2012 (MINAGRI, 2013).

Le nombre de pays la cultivant a augmenté de 8 en 1980 à 95 en 2015 (Oliva, 2016 in Veloso, 2016).

1.11.2. Introduction de la culture du quinoa en Algérie

Selon (l'ITDAS ,2017), le quinoa a été introduit en Algérie depuis l'année 2014 dans le cadre d'un projet FAO, cette plante est cultivée à titre expérimental dans huit sites de quatre institutions ayant différentes caractéristiques agro-écologiques. ITDAS (Biskra et El-oued), la récolte a été effectuée de fin décembre pour se poursuivre en janvier. Au niveau des deux sites, le meilleur rendement obtenu en grain est de l'ordre de 26 qx/ha, toutes variétés confondues.

Selon le rapport de FAO 2016, la culture du quinoa en Algérie peut servir à ouvrir de grandes perspectives de développement. En effet, l'intérêt de cette plante réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrême (sécheresse, pauvreté des sols, salinité) lui conférant une grande efficacité dans la lutte contre la désertification tout en donnant des rendements acceptables (in Salhaoui et Ben Abderrahmane, 2020).

1.12. Utilisations de quinoa

Selon (CERCAM, 2014 et l'ITDAS ,2016), les principales utilisations du quinoa peuvent être résumées comme suit :

- ✓ Alimentation humaine : On peut consommer les graines, les feuilles tendres jusqu'au début de la panicule (teneur en protéines peut atteindre 33% de la matière sèche).
- ✓ Industrie alimentaire : Les grains et la farine de quinoa peuvent servir à la préparation de la plupart des produits de l'industrie de la farine. Le quinoa peut être associé aux légumineuses telles que les fèves, les haricots rouges afin d'améliorer la qualité nutritionnelle.
- ✓ Alimentation animale : La plante entière sert de fourrage vert.
- ✓ Utilisations médicinales : Les feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires.
- ✓ Autres utilisations industrielles : Au quinoa est associé toute une gamme de sous-produits destinés à l'alimentation, à la cosmétique, aux applications pharmaceutiques et à d'autres utilisations.

Chapitre II: Etude de la région

1. Présentation de la région d'Oued Righ

1.1. Situation géographique

La vallée de l'Oued-Righ est située au Sud Est de l'Algérie. (Tirichine et Allam 2016) Elle s'étend sur un axe Sud-Nord sur environ 150Km, de la latitude 32°54' à 39°9' Nord, longitude de 05°50'05°75' Est (Sayah Lembarek, 2020). (Figure n°9)

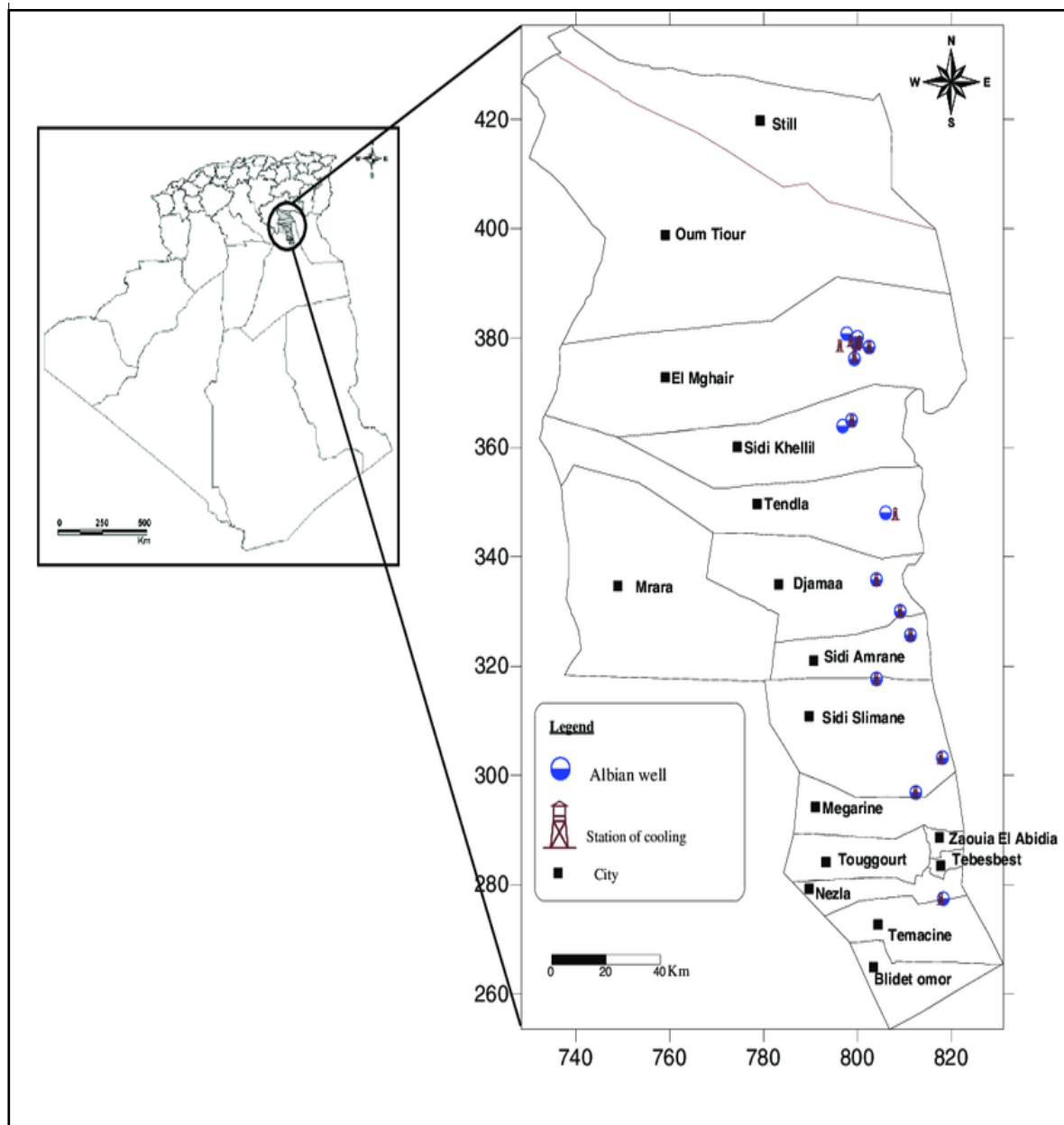


Figure n°8: Carte géographique de la région d'Oued Righ (Chaib et al,2018)

La zone d'Oued Righ est située au Nord-Ouest de la wilaya d'El-Oued. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Biskra, au Sud par la wilaya d'Ouargla, à l'Est par la zone du Souf et à l'Ouest par la commune d'Ouled Djellal. Elle est traversée par la route nationale N°3 reliant Biskra à Ouargla qui relie les principales communes d'El Meghaier, Sidi Khelil, Tindla, Djamaà, Sidi Amrane et Touggourt. (Figure n°8) Ces communes constituent le prolongement de la vallée d'Oued Righ qui occupe une superficie de 8534,8 km². Les communes de Still et OumThiour constituent la terminaison du piémont sud de l'Atlas Saharien. (Bouzgag, 2015)



Figure n°9: la localisation géographique de la vallée de l'oued Righ (Ballais ,2010)

1.2. Situation administrative

La région d'Oued Righ s'étend sur deux nouveaux wilayat, celle d'El Meghaier au nord et Touggourt au sud selon la nouvelle division administrative en 2022.

1.3. Topographie

La région d'Oued Righ, également connue sous le nom de Vallée d'Oued Righ, est une grande dépression topographique d'une superficie de 3000 km² (L = 150 km, l = 20 km), avec une pente d'environ 1 ‰ orientée nord-sud, dont l'altitude baisse progressivement de +100 m en amont au village d'El Goug à - 27 m en aval du chott Merouane (Dubost, 1991 in Gouasmia G et al, 2022)

1.4. Sol

Selon (Sogreah, 1971 et Abid 1995 cité par Boumaraf, 2013) l'origine des sols de notre région d'étude est comme une mixte alluvionnaire, colluviale et éolienne, les deux premières proviennent de l'érosion du niveau encroûté datant du quaternaire ancien ou du Moi-Pliocène. Ce sont des sols généralement meubles et bien aérés en surface, en majorité salés ou très salés. (Bouzgag, 2015)

1.5. Hydrogéologie

Dans la région d'Oued Righ, on rencontre les trois nappes suivantes (du bas en haut):

- la nappe du Continental Intercalaire (CI).
- la nappe du Complexe Terminal (CT).
- la nappe phréatique. (Sayah Lembarek, 2020)

1.6. Paysage agricole

Le paysage agricole de l'Oued-Righ se présente en trois grands groupements de palmeraies (Dubost, 2002 in Tirichine et Allam, 2016). Chaque groupement s'est formé autour d'un grand centre de vie. Ces trois centres sont Meghaier, Djamâa et Touggourt. Ceci correspond à trois régions, le Haut Oued Righ (région de Touggourt), le Moyen Oued Righ (région de Djamaa) et le Bas Oued Righ (région de El Meghaier) (Merrouchi 2009 in Tirichine et Allam 2016). D'après (Boumaraf, 2013) les palmeraies de cette vallée s'étendent, du nord au sud, sur près de 150km entre El-Goug et Oum Thiur.

Selon (Sayah Lembarek, 2020):

- Le palmier dattier est la principale culture dans la région, la variété "Déglet Nor" domine suivie par le "Ghars" et "Dégla Beidha".
- Les cultures hors palmiers sont peu développées et occupent 10 à 15 de la superficie dont l'orge et la luzerne sont les cultures fourragères les plus importantes.
- les cultures maraîchères, surtout l'ail, l'oignon, carottes et navets sont également produites pour une consommation locale.

1.7. Drainage

Le canal d’Oued Righ joue un rôle primordial dans la région d’étude, c’est un collecteur des eaux en excès d’irrigation et d’assainissement. Il est considéré comme le poumon de la région (Sayah Lembarek, 2020).

Il joue un rôle très important dans :

- Le rabattement de la nappe phréatique ;
- L’assèchement des sols de la vallée par l’évacuation des eaux d’irrigation
- L’évacuation des eaux d’assainissement des zones urbaines qui sont situées de part et d’autre du canal (Sayah Lembarek, 2020).

1.8. Climatologie

Selon (Beggar, 2006 cité par Tirichine et. Allam 2016) le climat de cette région est de type saharien avec une forte aridité due au manque de précipitation et au pouvoir évaporant très élevé de l’air. Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Les températures sont élevées accusant des amplitudes thermiques journalières et annuelles importantes. Les vents sont fréquents et violents et la luminosité est importante.

Les caractéristiques climatiques des zones d’étude sont obtenues pour une période de 10 ans, s’étalant de 2013 à 2022, dont, les principaux paramètres climatiques retenus en considération sont: la température, la pluviométrie, l’humidité relative et la vitesse du vent.

Les données Mois	T (C°)			P (mm)	H (%)	V (m/s)
	TM	Tm	Tmoy			
Janvier	18,23	04,40	11,12	0,64	53,90	11,6
Février	20,23	06,76	13,48	05,14	48,32	16,94
Mars	23,90	10,22	17,29	05,77	43,00	13,83
Avril	29,06	13,87	22,23	09,10	37,95	13,65
Mai	34,06	19,44	27,15	03,43	33,02	13,06
Juin	39,36	24,42	32,34	0,30	27,56	10,70
Juillet	42,15	27,11	35	0,06	25,94	10,37
Aout	41,06	26,71	34,13	01,23	30,84	10,80
Septembre	36,98	23,38	30,21	07,73	38,97	09,49
Octobre	30,66	16,77	23,80	01,50	43,15	10,04
Novembre	23,20	10,04	16,43	09,80	52,25	08,48
Décembre	19,59	06,57	12,03	03,63	60,38	08,48
Moyenne	29,87	15,81	27,52	04,83	49,5	13,75

Tableau n°4: Données climatiques de la région étudiée durant la période 2013- 2022 (Tu Tiempo, 2023).

T moy: Température moyenne annuelle(C°).

TM : Température maximale moyenne annuelle (C°).

Tm : Température minimale moyenne annuelle (C°).

P: précipitation moyenne mensuelle (mm)

V : vitesse moyenne mensuelle du vent (m/ s)

H: Humidité relative moyenne mensuelle (%)

La lecture du tableau ci- dessus montre que:

1.8.1. La Pluviométrie

Le total des précipitations annuelles dans notre région d'étude est très faible avec une moyenne annuelle ne dépasse pas 4.83mm.La pluie est parmi les facteurs les plus importants en raison de l'influence bénéfique ou néfaste qu'elle exerce sur l'agriculture. (Merdaci, 2020)

1.8.2. La Température

La température est le second facteur après la précipitation qui conditionne le climat d'une région (Laib, 2014 in Merdaci, 2020). Notre région est caractérisée par des fortes températures pouvant atteindre une moyenne annuelle de 27,52°C. Les mois les plus chauds durant la période (2013 – 2022) sont Juin, Juillet et Août présentant respectivement une moyenne mensuelle de 32.34°C, 35°C et 34.13°C. Les mois les plus froids sont le mois de Janvier avec 11.12 °C, le mois de Décembre avec12.03°C et le mois de février avec 13,48°C.

1.8.3. Le vent

D'après (Merdaci, 2020) le vent est l'un des facteurs qui augmente l'évapotranspiration qui contribue à dessécher l'atmosphère. La vitesse maximale du vent a été enregistrée au cours du mois de Février avec une moyenne de 16,94m/s. Par contre, la minimale a été relevée en mois de Novembre et de Décembre avec une moyenne 8.48m/s.

1.8.4. L'Humidité relative

Le mois de Décembre est le plus humide avec une humidité moyenne mensuelle 60,38% par contre le taux d'humidité le plus faible est noté en Juillet avec 25,94%.

1.8.5. Synthèse Climatique

Synthèse climatique suivante: A la lumière des données mentionnées on peut faire la:

1.8.5.1. Climagramme D'Emberger

La formule du quotient pluviométrique d'Emberger et qui a été modifiée par STEWART (1969) et est comme suit: $Q2 = 3,43 (P/ M - m)$. (Merdaci, 2020)

P: Cumul Précipitation annuelle en mm.

M: la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m: la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

3,43 : constant.

Q2 : Quotient pluviothermique d'Emberger.

Après l'emplacement de $Q2=4.44$ et $m=4.40$ sur le climagramme pluviothermique d'Emberger, la région d'étude est situé dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux. (Figure n°10)

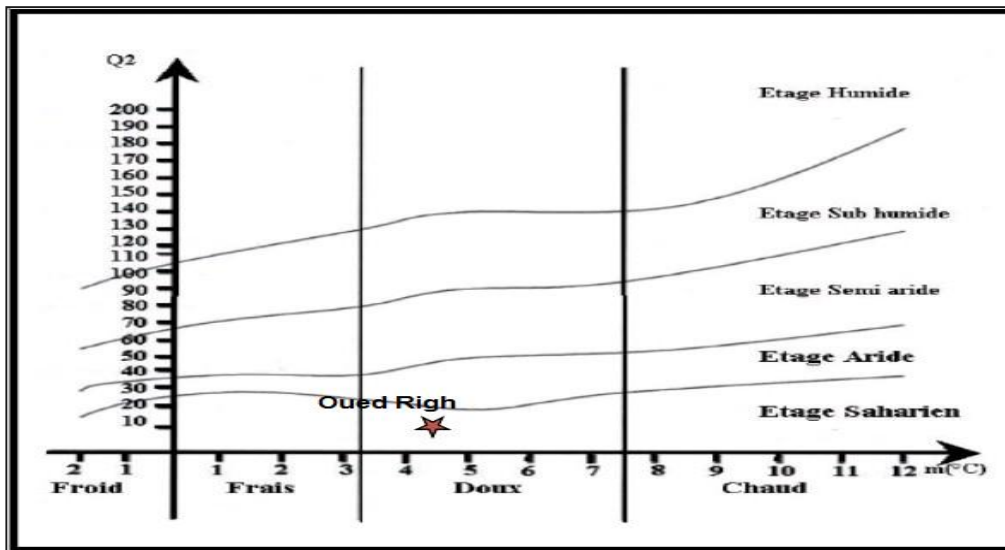


Figure n°10: Localisation de la région d'Oued Righ sur le climagramme.

1.8.5.2. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

L'analyse du diagramme montre que la période sèche dans la région de d'Oued Righ durant la période (2013-2022) s'étale sur toute l'année, elle est plus net en été.

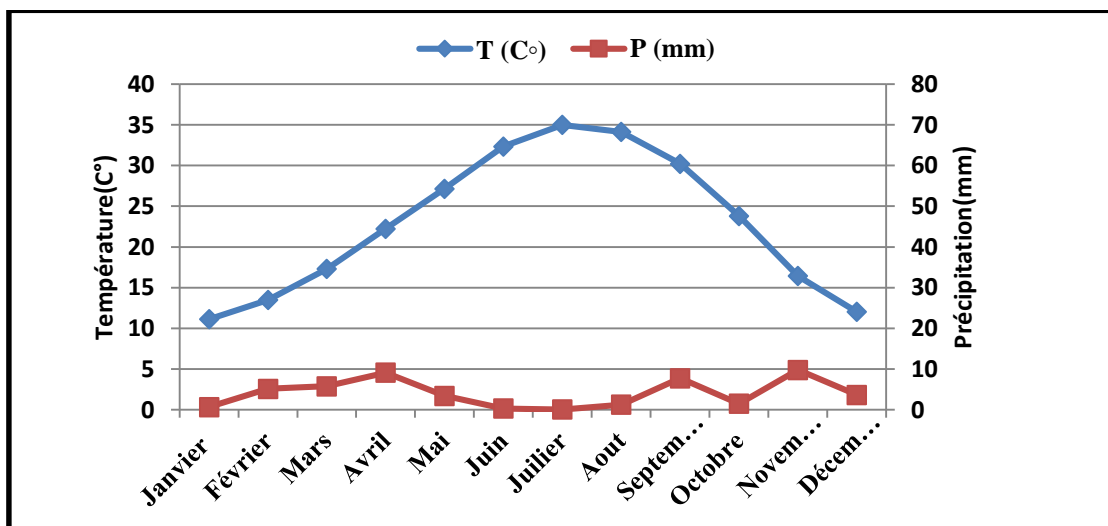


Figure n°11: Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région d'Oued Righ durant la période (2013-2022)

Deuxième partie

Partie d'expérimentation

Chapitre III: Etude d'expérimentale

I. Matériels et méthodes

1. Objectif de l'étude

Notre travail vise à étudier le comportement variétal de Cinque variétés de quinoa dans les conditions de la région d'Oued Righ et de savoir quelles variétés adaptées aux ces conditions et données de bon rendement.

2. Présentation de site d'étude

2.1. Description de la zone d'étude

Le site expérimental se situe dans la Ferme de Démonstration et de Production de Semence (FDPS) d'El Arfiane, commune de Tinedla, daïra de Djamaa et wilaya d'El Mgheir; la ferme est située dans la vallée de Oued Righ et qui appartient à l'Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne l'ITDAS. Elle est située à une distance de 38Km au sud du siège la wilaya d'El Mgheir et de 60 Km au nord de la wilaya de Touggourt. (Figure n°12)



Figure n°12 : Localisation de la zone d'étude (Google Maps, 2023)

2.2. Les caractéristiques pédoclimatiques de la zone d'étude(FDPS)

2.2.1. Coordonnées géographiques

Altitude: 25m Latitude: 33°, 7N Longitude: 6°, 00E

2.2.2. Caractéristiques de sol

Le sol a une texture sablo limoneuse

PH:7.9 EC:6.11ds/m

2.2.3. Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Il est considéré comme une eau très saline selon la classification de FAO.

PH: 7.4 EC: 11.90ds/m S: 7.62g/l

2.3. Méthode de travail

2.3.1. Dispositif expérimental

La méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail est illustrée dans la figure n°13; où on a choisi un dispositif en blocs aléatoires avec trois répétitions. Chaque bloc contient 5 parcelles donc un nombre de 15 parcelles (dimension de chaque parcelle: **1m×1.5m**).Les parcelles sont espacées de **0.5m** et les blocs espacés entre eux de **1m**

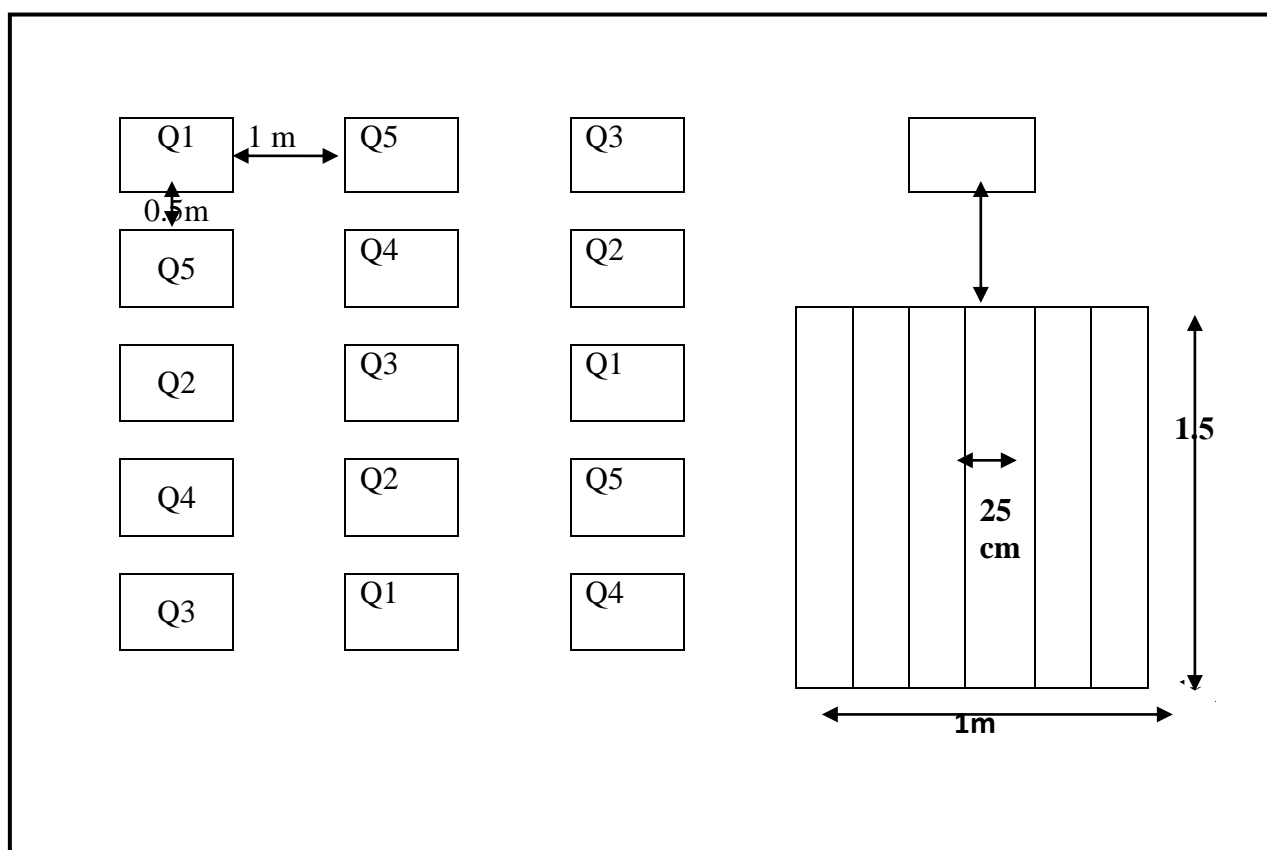


Figure n°13:Le dispositif expérimental de l'essai



Figure n°14: Le site expérimental (Google Maps, 2023)

2.3.2. Labour

Il été réalisé à la fin de mois de Septembre 2022 manuellement. L'opération consiste à retourner le sol de 25 à 30 cm de profondeur, puis la préparation des parcelles élémentaires. (Figure n°15)



Figure n°15:Photos de labour et préparation des parcelles

2.3.4. Fertilisation

2.3.4.1. Fumure de fond

Dans notre essai on utilise la fumure organique de poulet (figure n°16).



Figure n°16:Le fumier de poulet utilisé

2.3.4.2. Fumure d'entretien

La quantité d'azote à apporter est de 100 U/ha donc

2q /ha sous forme d'urée 46%; elle sera fractionnée en trois apports:

- 1^{er}apport au stade deux feuilles.
- 2^{ème} apport au stade ramification.
- 3^{ème} apport au stade grain laiteux.

2.3.5. Matériels végétal

Les Cinq variétés testées dans notre étude sont illustrées dans le tableau si dessous. Source de ces variétés est l'Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne (ITDAS) d'El-Arfiane. Le tableau suivant contient les significations des codes de nos variétés testées et la figure n°17 représente les photos des grains de ces variétés (matériels végétal).

Variété/signification	signification
Q1	AmarillaSacaca
Q2	C Q57
Q3	Faro
Q4	Puno
Q5	Titicaca

Tableau n°5: signification de code de chaque variété



Figure n°17: Les Cinq variétés cultivées (matériels végétal)

2.3.6. Autres matériels

Une balance de précision, une règle, une mètre, un tamis, matériels traditionnels de battage et finage pour le quinoa. (Figure n°18)



Figure n°18: Matériels utilisées

2.3.7. Semis

Date de semis: toutes les variétés sont semis le 02/10/2022.

Semis deux graines à trois par poquet pour toutes les variétés sauf Q1 (AmarillaSacaca) une graine par poquet, manuellement, en ligne, à une profondeur de **1à2cm**.

L'espacement entre les lignes est de **25cm** et entre les graines est de **10cm**.



Figure n°19: Photos de semis des 5 variétés de quinoa

2.3.8. Désherbage

IL est effectué manuellement plusieurs fois qu'il est jugé nécessaire.

2.3.9. Irrigation

Le mode d'irrigation utilisé est la submersion une fois par semaine.



Figure n°20: mode d'irrigation

2.3.10. Récolte

La récolte a débuté dès que les grains deviennent durs et la biomasse changera totalement de couleur du vert vers le jaune ou le rougeâtre. Elle est faite en arrachage manuellement parcelle par parcelle.

Dans notre essai la récolte se varie selon la variété; elle a débuté la dernière semaine de mois de février et s'est terminée la moitié de mois de mars.



Figure n°21: La récolte de quinoa

2.3.11. Battage et finage de quinoa

A la récolte les plants n'étaient pas totalement secs. Ils ont été déposés dans un lieu sec et ventilé jusqu'à leur dessèchement total. Après le séchage complète des plantes ; on a le battu manuellement, les grains ont été séparé de leur enveloppe après ils sont passé par le tamis pour éliminer les déchets.

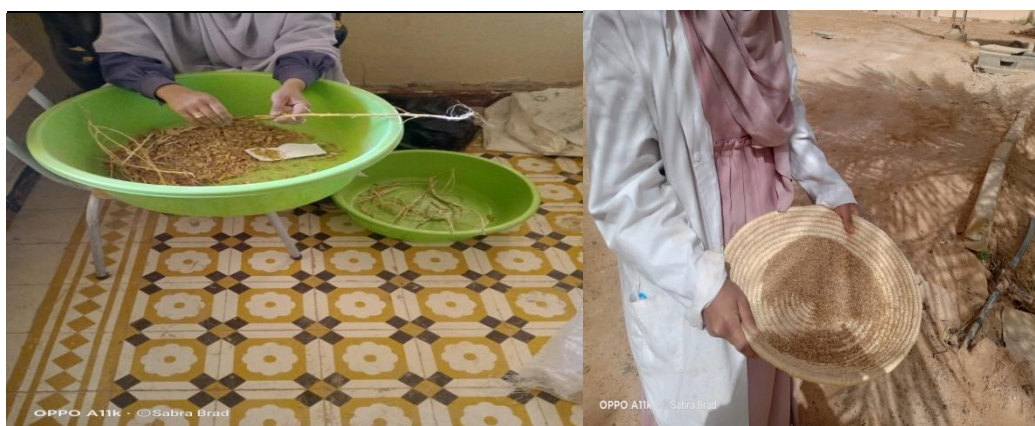


Figure n°22: Photos de battage et finage de quinoa manuellement

2.3.12 Méthode d'analyse utilisée:

Dans notre étude, on a choisi l'analyse statistique de l'ANOVA pour analyser nos résultats. L'ANOVA est un ensemble de modèles statistiques qui permettent de déterminer si " la différence entre les valeurs moyennes est statistiquement significative". En fonction des résultats de l'ANOVA, une hypothèse nulle (**H₀**) sera soit acceptée ($F_{\text{calculé}} < F_{\text{théorique}}$) soit rejetée ($F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$).

Donc on suppose : **Hypothèse nulle H₀** = les moyennes de tous les traitements sont égales, alors donc-il n'y a pas une différence entre les variétés.

II. Résultats et Discussion

1. Les résultats de notre essai

Le semi était effectué manuellement le 02 octobre 2023. Après le suivi des parcelles: nous avons obtenus les résultats suivants:

1.1. Apparition des stades phénologiques :(tableau n°6)

Au stade levé jusqu'à ramification, on observe une grande affinité (similarité) entre les trois variétés Q1, Q4 et Q5 avec une priorité par rapport aux Q2 et Q3:

1.1.1. Levée: après 07 jour on observe la levée de Q1 et un jour après les autres variétés;

1.1.2. Deux feuilles: apparaissent 12 jours après le semis pour les trois variétés (Q1, Q4 et Q5) et 13 jours pour les deux autres variétés.

1.1.3. Quatre feuilles: apparaissent 16 jours après le semis pour les trois variétés (Q1, Q4 et Q5) et 18 jours pour les deux autres variétés.

1.1.4. Six feuilles: pour Q1, Q4 et Q5 on les a vus 19 jours après le semi et 21 jours pour Q2 et 22 jours pour Q3.

1.1.5. Ramification: après 25 jours après le semis nous avons remarqué ce stade pour les trois variétés (Q1, Q4 et Q5) et 27 jour pour Q2 et 29 jours pour Q3.

Selon (Jacobsen et Stølen 1993 in Lebonvallet 2008) la vitesse de croissance des variétés précoces était plus importante pendant les 60-70 premiers jours, leur conférant une hauteur de plante supérieure à celle des variétés tardives. Après 70 jours, les variétés tardives continuent à croître alors que les variétés précoces cessent leur croissance

A ce stade une différenciation commence à apparaître entre Q1 et Q4 et Q5 dont on a vu un retard de Q1 par rapport Q4 et Q5 à l'apparition:

1.1.6. Stade Début de formation de la panicule:

-1 mois après le semis pour Q4 et Q5;

-38 jours après le semis pour Q1;

En parallèle, pour Q2 et Q3 on a vu ce stade après 41 après le semis.

1.1.7. Stade panicule, les deux variétés Q4 et Q5 sont restes toujours les précurseurs avec un nombre de jours 41 jours après le semis ; comme on a vu un retard pour la variété Q1 (48 jours) quant aux Q2 et Q3, 45 jours après le semis.

1.1.8. Stade début floraison: Q4 et Q5 (51 jours après le semis), Q1 (59 jours après le semis), Q2 et Q3 (55 jours après le semis).

1.1.9. Stade floraison: Q4 et Q5 (60 jours après le semis), Q1 (73 jours après le semis), Q2 et Q3 (75 jours après le semis).

1.1.10. Stade grain laiteux: Q4 et Q5 (70 jours après le semis), Q1 (90 jours après le semis), Q2 et Q3 (85 jours après le semis). à ce stade on a constaté un retard de Q1 aux Q2 et Q3 qui a persisté à la maturité.

1.1.11. Stade grain pâteux: Q4 et Q5 (95 jours après le semis), Q1 (120 jours après le semis), Q2 et Q3 (110 jours après le semis).

1.1.12. Stade maturité: Q4 et Q5 (112 jours après le semis), Q1 (165 jours après le semis), Q2 et Q3 (150 jours après le semis).

Selon (FAO, 2015) la somme de jours pour le cycle de développement du quinoa est de 90 à 240 jours selon les variétés.

Après cette analyse de la succession des stades phénologiques on peut regrouper les 5 variétés testées en 03 groupes: Q4 et Q5 précoces, Q1 tardif, Q2 et Q3 semis tardifs.

<i>Stades Variétés</i>	<i>Levée</i>	<i>Deux feuilles</i>	<i>Quatre feuilles</i>	<i>Six feuilles</i>	<i>Ramification</i>	<i>Début de formation de panicule</i>	<i>Panicule</i>	<i>Début floraison</i>	<i>Floraison</i>	<i>Grain laiteux</i>	<i>Grain pâteux</i>	<i>Maturation</i>
Q₁	7	12	16	19	25	38	48	59	73	90	120	165
Q₂	8	13	18	21	27	41	45	55	75	85	110	150
Q₃	8	13	18	22	29	41	45	55	75	85	110	150
Q₄	8	12	16	19	25	30	41	51	60	70	95	112
Q₅	8	12	16	19	25	30	41	51	60	70	95	112

Tableau n°6: Suivi de l'apparition des stades phénologiques

1.2. Nombre de plants levés/m²

Variété/Répétition	R1	R2	R3
Q1	50	50	50
Q2	20	17	15
Q3	15	13	15
Q4	27	25	25
Q5	15	15	13

Tableau n°7: nombre de plants levés/m²

Selon le tableau n°7 on constate que le nombre de plants levés le plus élevé est marqué chez la variété Q1 (Amarilla Sacaca) avec un pourcentage de 100% et il se varie de 50% à 26% pour les autres variétés.

1.3. Hauteur de plantes en cm

Le tableau suivant montre la hauteur des plantes ; (3 échantillons dans chaque variété pour les trois blocs donc une somme de 9 échantillons pour chaque variété).

Variété/répétition	R1			R2			R3			Moyenne
Q1	50	85	64	102	84	73	103	118	75	83.77
Q2	73	50	41	57	39	26	56.5	48	34.5	47.22
Q3	49	45	40	57	39	22	43	22	13	36.66
Q4	72	62	41	37	22	30	59	54	41	46.44
Q5	60	31	45	35	31	29	55	59	25	41.11

Tableau n°8: Hauteur de plantes en cm

Les résultats montrent que: la variété Q1 a une hauteur plus élevée que les autres variétés qui peut atteindre 118cm et une moyenne de 83.77cm. La variété la plus courte est Q3 avec une moyenne d'hauteur de 36.66cm (les mesures parcellaires : 22cm). Ces résultats sont en concordance avec ceux de Bhargava A. et al, 2006 cité par Djedei et Merabet, 2019) qui ont travaillé sur 27 variétés de quinoa, ils ont trouvé que la hauteur des plantes varié entre 11.27 à 144.03 cm.

L'analyse de l'ANOVA ci-dessous (tableau n°9) montre que les résultats sont significatifs pour les traitements d'hauteur des plantes (**F calculé > F théorique**). Cela veut dire qu'il y a une différence entre les variétés testées.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	12713.6889	4	3178.42222	12.0924717	1.5573E-06	2.60597495
A l'intérieur des groupes	10513.7222	40	262.843056			
Total	23227.4111	44				

Tableau n°9: Analyse de l'ANOVA de la hauteur des plantes

1.4. Nombre de ramifications/plante

Le tableau N°(10) représente le nombre des ramifications des plantes ;(3 échantillons dans chaque variété pour les trois blocs donc une somme de 9 échantillons pour chaque variété).

Variété/répétition	R1			R2			R3			Moyenne
Q1	4	8	4	5	3	4	7	6	3	4.88
Q2	8	3	1	7	4	2	5	3	1	3.77
Q3	3	2	2	2	4	2	1	3	2	2.33
Q4	3	6	6	4	2	8	6	3	5	4.77
Q5	4	2	1	5	5	4	3	4	3	3.44

Tableau n°10 : Nombre de ramifications/plante

Les résultats montrent que: le nombre de ramification est plus grand chez Q1, Q2 et Q4 dont il peut atteindre à 8 ramifications .Il doit être mentionné que les moyennes des variétés sont proches sauf chez Q3 est plus moins que les autres variétés.

L'analyse de l'ANOVA ci-dessous (tableau n°11) montre que les résultats sont significatifs pour les traitements de nombre de ramifications / plante (**F calculé >F théorique**) Cela veut dire qu'il y a une différence entre les variétés testées qui concerne le nombre de ramification.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	39.6888889	4	9.92222222	3.19499106	0.02282622	2.60597495
A l'intérieur des groupes	124.222222	40	3.10555556			
Total	163.911111	44				

Tableau n°11 : Analyse de l'ANOVA de nombre de ramifications/plante plantes

1.5. Nombre de panicules/plante

Le nombre de panicules par plante pour les variétés testées est le même que le nombre de ramification puisque chaque rameau porte une seule panicule. Alors que les mêmes résultats et les mêmes analyses que le paramètre précédent.

1.6. Indice de récolte (Hi) d'une plante:(Poids des grains×100) / poids Total de la biomasse)

Répétition Variété	R1		R2		R3		moyenne
	(Poids des grains×100) / poids T	Hi (%)	(Poids des grains×100) / poids T	Hi (%)	(Poids des grains×100) / poids T	Hi (%)	Hi (%)
Q1	(31.66×100)/70	45.22	(25×100)/105	23.81	(47.52×100)/115	41.32	36.78
Q2	(8.64×100)/14.70	58.77	(7.28×100)/14.76	49.32	(7.80×100)/13.22	59	55.69
Q3	(16.70×100)/34.35	48.62	(11.38×100)/24.36	46.72	(4.03×100)/8.94	45.08	46.80
Q4	(2.47×100)/9.12	27.08	(7.33×100)/16.97	43.19	(5.15×100)/11	46.82	39.03
Q5	(2.48×100)/9.30	26.66	(17.37×100)/30.87	56.27	(3×100)/6.26	47.92	43.61

Tableau n°12:Indice de récolte (Hi) d'une plante

Le tableau ci-dessus représente les mesures et les résultats de l'indice de récolte d'une (1) m² pour nous Cinq variétés testées dont on peut noter que; les Cinq moyennes sont généralement peu proches ils sont variés de 36.78%(Q1) et 55.69%(Q2), aussi il doit être mentionné que: l'indice le plus bas enregistré dans Q1 (23.81%), par contre le plus grand enregistré dans Q2 (59%).

L'analyse de l'ANOVA ci-dessous (tableau n°13) montre qu'il n'y a pas des différences significatives entre les traitements que concerne l'indice de récolte d'une plante (**Fcalculé < Fthéorique**). Cela veut dire qu'il n'y a pas une différence entre les variétés testées que concerne ce paramètre.

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	662.609867	4	165.652467	1.63315638	0.2409221	3.47804969
A l'intérieur des groupes	1014.30867	10	101.430867			
Total	1676.91853	14				

Tableau n°13:Analyse de l'ANOVA de l'Indice de récolte (Hi) d'une plante

1.7. Indice de récolte d'une (1) m²: (Poids des grains × 100) / biomasse Totale

Répétition Variété	Indice de récolte (Hi) d'une (1) m ²			moyenne
	R1	R2	R3	Hi (%)
Q1	22.38	29.2	18.61	23.39
Q2	40.55	40.86	35.36	38.92
Q3	79.69	71.54	54.94	68.72
Q4	18.16	23.78	19.1	20.34
Q5	17.34	28.47	24.97	23.59

Tableau n°14: Indice de récolte (Hi) d'une (1) m²

Le tableau ci-dessus représente les mesures et les résultats de l'indice de récolte d'une (1) m² pour nous Cinq variétés testées dont on peut noter que:

Les moyennes de Q1, Q4 et Q5 sont très proches et sont plus basses que les moyennes de deux autres variétés, dont ils ne dépassent pas 24%.

L'indice le plus élevé enregistré dans la variété Q3 soit pour la moyenne des blocs (68.72%) soit pour la parcelle (79.69%).

L'analyse de l'ANOVA ci-dessous (tableau n°15) montre que les résultats sont significatifs pour les traitements de l'Indice de récolte (Hi) d'une (1) m² (**F_{calculé} > F_{théorique}**). Cela veut dire qu'il y a une différence entre les variétés testées qui concerne l'Indice de récolte (Hi) d'une (1) m².

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	4896.3758	4	1224.09395	25.6191149	3.0861E-05	3.47804969
A l'intérieur des groupes	477.804933	10	47.7804933			
Total	5374.18073	14				

Tableau n°15: Analyse de l'ANOVA de l'Indice de récolte (Hi) d'une (1) m²

1.8. Rendement en grains par mètre carré

Répétition Variété	Rendement par mètre carré (g/m ²)			moyenne
	R1	R2	R3	
Q1	317.77	365	383.33	355.36
Q2	83.93	98.06	81.3	87.76
Q3	175.33	178.84	130.2	161.47
Q4	120.78	95.14	79.27	98.39
Q5	78.88	106.75	87.4	91.01

Tableau n°16: Rendement en grains pour un mètre carré

Le tableau n°16 représente les rendements de un mètre carré des nos 15 parcelles, les résultats nous ont montré que:

- les moyennes des rendements du Q2, Q4 et Q5 sont très proches et se varient de 87.76g à 98.39g.

-Les rendements sont varient entre 7.8 et 38.3q/ha.

-Le rendement le plus élevé est enregistré chez la variété Q1 avec une moyenne de 355.36g/m² c'est-à-dire un rendement de 35.5q/ha, ce dernier est mieux que ce enregistré par Lebonvallet en 2008 (4 à 20qx/ha) et il est très proche à que se trouve Hadj Hamou en 2019 (12 à 35q/ha) et que se trouve les marocains en 2015 (34qx/h) (MADRPM, 2005).

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	155807.301	4	38951.8253	74.7959785	2.0663E-07	3.47804969
A l'intérieur des groupes	5207.74327	10	520.774327			
Total	161015.045	14				

Tableau n°17: Analyse de l'ANOVA de Rendement en grains pour un mètre carré

L'analyse de l'ANOVA ci-dessus (tableau n°17) montre que les résultats sont significatifs pour les traitements de Rendement de un mètre carré (**F calculé > F théorique**). Cela veut dire qu'il y a une différence entre les variétés testées qui concerne ce paramètre très important.

1.9. Poids de Mille(1000) grain en g (PMG)

Le tableau suivant représente les poids de 1000 grains (PMG) des Cinq variétés testés dans notre essai; la moyenne comprise entre 2.67g et 3.75g dont le PMG le plus élevé est enregistré chez la variété Q1 (3.86g), par contre le plus bas est enregistré chez la variété Q2 (2.48g).

Ces chiffres sont proches à que se trouve Hadj Hamou en 2019(2.6 et 4.1 g) et Mahmoud en 2017(2.83 et 3.58g) (in Hadj Hamou, 2019)

Variété \ Répétition	Poids de Mille grain (g)			
	R1	R2	R3	Moyenne
Q1	3.86	3.79	3.62	3.75
Q2	2.48	2.67	2.88	2.67
Q3	3.14	2.63	2.88	2.88
Q4	2.96	2.86	2.59	2.80
Q5	3.20	3.39	3.30	3.29

Tableau n°18:Poids de Mille(1000) grain en g (PMG)

ANALYSE DE VARIANCE						
Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	2.348	4	0.587	17.684274	0.00015685	3.47804969
A l'intérieur des groupes	0.33193333	10	0.03319333			
Total	2.67993333	14				

Tableau n°19:Analyse de l'ANOVA de Poids de Mille(1000) grain en g (PMG)

L'analyse de l'ANOVA (tableau n°19) montre que les résultats sont significatifs pour les traitements de Poids de Mille(1000) grain (**$F_{\text{calculé}} > F_{\text{théorique}}$**). Ce qui signifie qu'il y a une différence entre les variétés concernant ce paramètre très important.

De point de vue agronomique, pour les agriculteurs, le PMG permettra de calculer plus précisément les doses de semences nécessaires pour répondre à un objectif de densité de semis.

A la lumière de cette analyse on peut rejeter notre Hypothèse nulle qui veut dire :

H_0 =les moyennes de tous les traitements sont égales, alors donc-il n'y a pas une différence entre les variétés.

C'est-à-dire il y a une différence entre les Cinq variétés testées.

Conclusion

Cette étude a été menée pour étudier le comportement variétal de cinq variétés de Quinoa (*Chenopodium Quinoa*, Willd) dans la vallée d'Oued Righ (la station de l'ITDAS, El Arfiane) qui sont: Q1 (Amarilla Sacaca), Q2 (C Q57), Q3 (Faro), Q4 (Puno) et Q5 (Titicaca).

Nous avons étudiés les paramètres suivants: somme des jours de cycle de vie, hauteur de plante, nombre de ramifications par plante, nombre de panicules par plante, indice de récolte (Hi) d'une plante, Indice de récolte d'une (1) m², Rendement par mètre carré, Poids de Mille (1000) grain (PMG).

On peut résumer les résultats obtenus dans les points suivants:

- ✓ Selon la durée du cycle de développement trois groupes peuvent apparaître
Q4 (Puno) et Q5 (Titicaca) sont précoces avec une somme de jours de 112 jours;
Q1 (Amarilla Sacaca) est tardive avec une somme de jours de 165 jours;
Q2 (C Q57) et Q3 (Faro) sont semi tardives avec une somme de jours de 150 jours ;
- ✓ Ce qui concerne la hauteur de plante, les mesures indiquent que la variété Q1 (Amarilla Sacaca) est la plus haute (118 cm) que les autres quatre variétés. Les hauteurs de ces variétés sont très proches (se comprises de 22 à 73 cm);
- ✓ les variétés les plus ramifiées sont Q1, Q2 et Q4 dont le nombre de ramifications par plante peut atteindre 8 ramifications. Généralement les moyennes des toutes les variétés sont proches sauf chez Q3 est différent et le plus moins que ces variétés.

Il faut noter que le nombre de ramification est le même nombre de panicules puisque chaque rameau porte une seule panicule.

- ✓ Ce qui concerne l'indice de récolte (Hi) pour une plante, les calculs montrent que: les cinq moyennes sont peu proches, les résultats sont variés de 36.78% (Q1) et 55.69% (Q2); aussi l'indice le plus bas est enregistré chez Q1 (23.81%), par contre le plus grand est enregistré chez Q2 (59%).
- ✓ Ce qui concerne l'indice de récolte (Hi) de un m², les mesures nous indiquent que les moyennes de Q1, Q4 et Q5 sont très proches et sont plus bas que les moyennes de deux autres variétés, dont ils ne dépassent pas 24%. L'indice le plus élevé est enregistré dans la variété Q3 avec une moyenne de (79.69%).
- ✓ Les rendements enregistrés sont semblables à ceux que se trouvent dans d'autres études. Les rendements varient de 7.9 et 35.5 qx/ha, dont le plus bas enregistré dans la variété Q4 (Puno) et le plus élevé enregistré dans la variété Q1 (Amarilla Sacaca). Cette dernière indique une adaptation très grande aux conditions de la région et donne de bons rendements selon les essais de l'ITDAS.

- ✓ les moyennes de poids de 1000 grains (PMG) des Cinq variétés testés dans notre essai sont comprises entre 2.67g et 3.75g, dont le PMG le plus élevé est enregistré chez la variété Q1, par contre le plus bas est enregistré chez la variété Q2.

Enfin, malgré les conditions extrêmes de la région d'oued righ climatiques (température élevée), édaphiques et hydriques (salinité élevée) les Cinq variétés étudiées apparaissent une bonne adaptation, mais il faut dire aussi que la variété Q1 (Amarilla Sacaca) est la meilleure variété par rapport aux autres variétés surtout en ce qui concerne les deux paramètres les plus importants: rendement et PMG.

La culture du quinoa est nouvellement introduite dans la zone d'étude, elle est encore sous test. Donc elle nécessite beaucoup des études approfondies et plus détaillées d'abord pour connaître bien la plante et leurs écotypes et tous les facteurs qui influent sur leur développement, rendement, côté de résistance aux maladies...etc. ainsi l'amélioration des rendements en grain et en fourrage.

Références bibliographiques

- Ballais J L., 2010.** Des oueds mythiques aux rivières artificielles : l'hydrographie du Bas-Sahara algérienne .Physico-Géographie Physique et Environnement, volume IV.107-127p
- Bazile D et al., 2011.**Modélisation des dynamiques spatiales liées à la culture de quinoa dans Nord chilien.<http://mappemonde.mgm.fr/num30/articles/art11204.html>.14p
- Bazile D., 2013.cirad.**Le quinoa, un catalyseur d'innovations. Perspective n° 20
- Bhargava A, Srivastava S., 2001.** Quinoa botany, production and uses: Historical Perspectives and Domestication. 262p
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF et FIDA. 2013.** Descripteurs pour le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) et ses espèces sauvages apparentées. Bioversity International, Rome, Italie. 60p
- Boumaraf B., 2013.**Caractéristiques et fonctionnement des sols dans la vallée d'Oued Righ, Sahara nord oriental, Algérie. Thèse de doctorat .Université de Reims Champagne-Ardenne. 108p
- Bouzegag A., 2015.** Stationnement et écologie des Sarcelles (Anatidés) dans les zones humides de l'éco complexe de la vallée d'Oued Righ (Sahara Algérien). Thèse de doctorat Université de Guelma. 146p
- CERCAM., 2014.** Fiche de synthèse QUINOA Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc.5p
- Chaib W, Tabouche Bouchahm N, Bettiche F, Mancer H., 2018.**The suitability of geothermal waters for irrigation ,Oued Righ area, South-eastern Algeria.
- Derradji H., 2020.** L'effet de salinité sur la germination de Quelques variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Thèse de master. Université Mohamed Khider de Biskra. 61p
- Del Castillo Carmen, Mahy Grégory et Winkel Thierry., 2008.**La quinoa en Bolivie: une culture ancestrale devenue culture de rente "bio-équitable".BASE,volume 12(2008) numéro 4.
- Djedei S, Merabet R., 2019.**Etude comparative des quatre variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivées dans la région d'Oued Righ "Djamaa. Thèse de master Académique. " Université Echahid Hamma Lakhdar –El- OUED. 106p
- Fagandini –Ruiz F., 2019.** Distribution des parents sauvages du quinoa cultivé en lien avec les pratiques et usages des communautés andines dans la région de Puno au Pérou. Thèse de doctorat. L'Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech). 335p
- FAO et cirad., 2015.** State of the art report of quinoa in the world in 2013, by D. Bazile, D. Bertero& C. Nieto.eds. Rome. 12,18pp 605p

FAO., 2015.Catalogue of comercial variétés of Quinoa in Peru. Lima. 86p

Gouasmia G, Amarouayache M, Frihi H, Kara M H., 2022. Caractérisation physico-chimique de trois lacs salés permanents de la vallée d'Oued Righ (Sahara septentrional, Algérie nord-est).13p

Hadj Hammou B., 2019.Etude de comportement agronomique de quelques variétés de quinoa *Chénopodium Quinoa. Wild* dans la région d'Adrar de T'sabit. Thèse de master Académique. Université Ahmed Draïa Adrar. 87p

Herbillon M., 2015. Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques .Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Rouen. 127p

Idder M E A., 2006.Evaluation de la salinité par induction électromagnétique: Exemple d'une parcelle cultivée de la plante de la Macta (wilaya de Mascara). Thèse de master. Institut national agronomique- El Harache (INA). 102p

ITDAS., 2015.Assistance technique pour l'introduction du Quinoa et appropriation/institutionnalisation de sa production en Algérie.

Khaled H et Hauggui., 2019.**Contribution** à l'étude de l'introduction de l'espèce de Quinoa dans la wilaya d'El Oued. Thèse de Master Académique. Université Echahid Hamma Lakhdar –El- Oued. 71p

Khaled H ., 2020.Rapport: Quinoa des montagnes andines aux oasis Algériennes.

Lebonvallet S., 2008.Implantation du QUINOA et simulation de sa culture sur l'Altipano Bolivien. Thèse de doctorat. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). 246p

MADRPM ., 2005. Maroc; les cultures alternative Quinoa, amarante et épeautre.n°133

Merdaci S., 2020. La modélisation de la gestion d'irrigation dans la région de Biskra: en utilisant le traitement des images satellitaires (la télédétection). Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider de Biskra. 103p

Nabi F., 2009. Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata L. (Walp)*. Thèse de master. Ecole Nationale Supérieure Agronomique D'El Harrach (Alger). 133p

Rejeibi W, Kahlaoui B, Hachicha, M., 2015. Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa en Tunisie. 150p

Saadoune F Z., 2016.Effet de l'amendement en gypse et en DS sur les caractéristiques physico-chimiques et hydriques d'un sol salé d'El Hmadena (Rélisane). Thèse de master. Université de Mostaganem. 67P

Salhaoui I et Ben Abderrahmane Z., 2020. Etude d'une plante médicinale : « Amarilla sacaca » criblage phytochimique, polyphénols totaux, flavonoïdes totaux et flavonols totaux. Thèse de master. Université Mohamed Khider de Biskra. 138p

Sayah Lembarek M., 2020.L'Oued Righ : importance, dégradation et perspectives. Thèse de doctorat .Université Kasdi Merbah Ouargla. 211p

Tichoux B., 2013.Evaluation des impacts environnementaux des cultures de quinoa du Projet Quinoa dans l'altiplano tarijeño (Bolivie) et proposition d'alternatives biologiques, Août 2013.thèse de master. Université catholique de Louvain. 99p

Tidjani Z, Ababsa R., 2019.Enquête sur la culture de quinoa (Chenopodium quinoa willd) dans le sud Algérien. Thèse de Master Académique. Université Echahid Hamma Lakhdar –El-OUED. 85p

Tirichine A, Allam A., 2016.CRSTRA.Etude de l'agrobiodiversité oasienne dans les palmeraies de la région de Touggourt : Cas des cultures fourragères.N°13.JARA.10p

Veloso M., 2016 .Impacts de l'essor international du quinoa.Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES.Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE). 67p

Google Maps, 2023

www. tutiempo.net

زراعة الكينوا في الوسط الواحاتي Chénopodium Quinoa. Willd المعهد التقني لتنمية الزراعة الصحراوية 2017.

Annexe n°1: quelques photos au cours de développement des plantes



Annexe n°2: quelques photos de mesure d'hauteur des plantes



Annexe n°3: quelques photos de mesure d'indice de récolte (Hi)

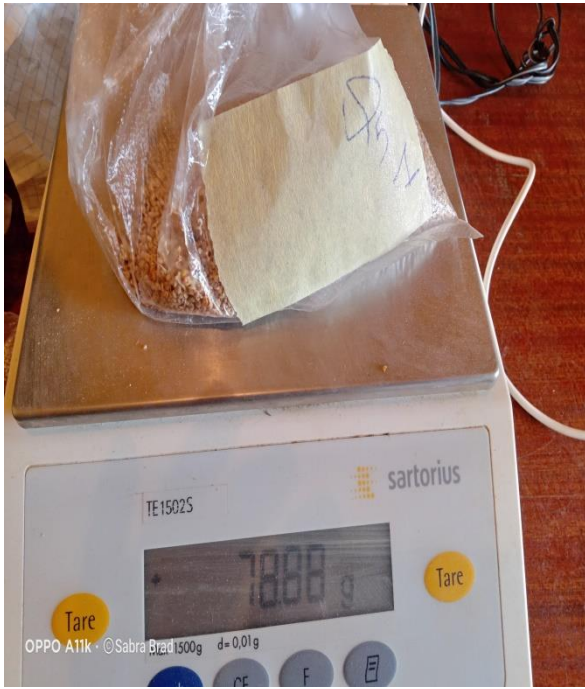


Annexe n°4: quelques photos de battage et finage

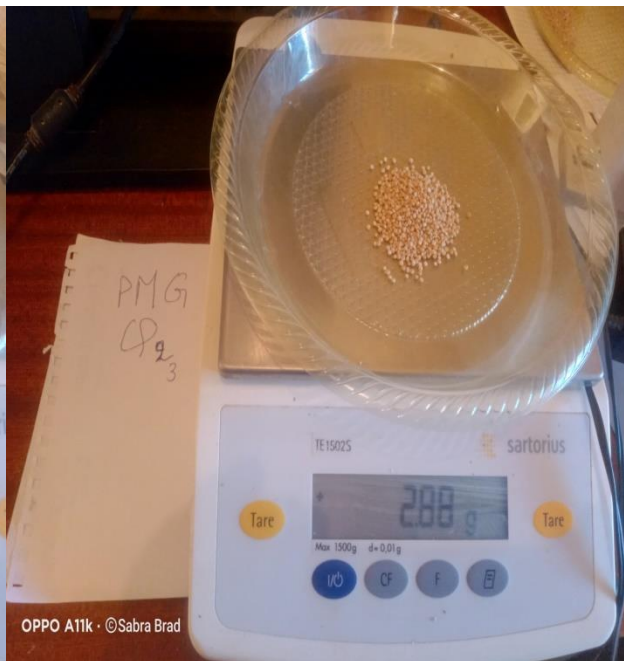
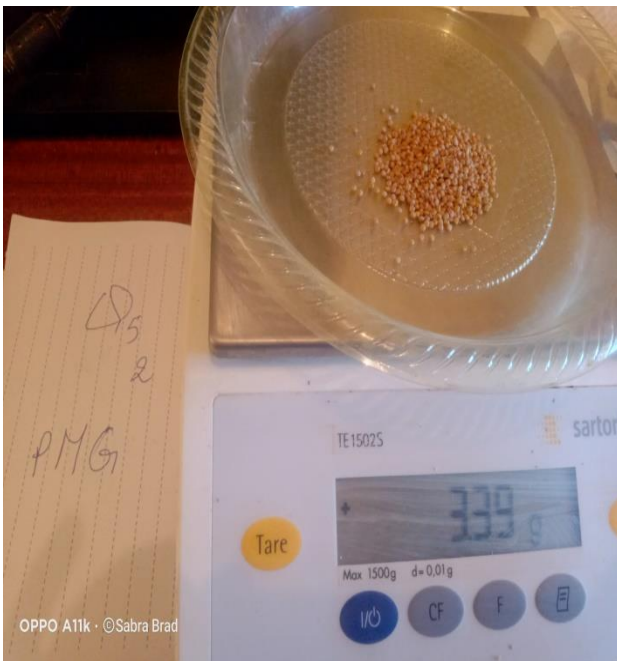


Annexe n°5: quelques photos de mesure de rendement





Annexe n°6: quelques photos de mesure de PMG



Annexe n°7: ennemis de quinoa rencontrés

Les mauvaises herbes: la Chénopodium Album ;

Ravageurs: la noctuelle et les moineaux.

Maladies fongiques: le mildiou.



Annexe n°8:Rapport détaillé de l'analyse d'ANOVA de l'Indice de récolte (Hi) d'une plante

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	3	110.35	36.7833333	130.033033
Ligne 2	3	167.09	55.6966667	30.5096333
Ligne 3	3	140.42	46.8066667	3.13853333
Ligne 4	3	117.09	39.03	110.3961
Ligne 5	3	130.85	43.6166667	233.077033

Annexe n°9:Rapport détaillé de l'analyse d'ANOVA de l'Indice de récolte (Hi) d'une m2

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	3	70.19	23.3966667	28.8122333
Ligne 2	3	116.77	38.9233333	9.54703333
Ligne 3	3	206.17	68.7233333	159.090833
Ligne 4	3	61.04	20.3466667	9.06173333
Ligne 5	3	70.78	23.5933333	32.3906333

Annexe n°10:Rapport détaillé de l'analyse d'ANOVA de Rendement pour un mètre carré

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	3	1066.1	355.366667	1144.12923
Ligne 2	3	263.29	87.7633333	81.2452333
Ligne 3	3	484.37	161.456667	735.814433
Ligne 4	3	295.19	98.3966667	438.724433
Ligne 5	3	273.03	91.01	203.9583

Annexe n°11:Rapport détaillé de l'analyse d'ANOVA de PMG

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	3	11.27	3.75666667	0.01523333
Ligne 2	3	8.03	2.67666667	0.04003333
Ligne 3	3	8.65	2.88333333	0.06503333
Ligne 4	3	8.41	2.80333333	0.03663333
Ligne 5	3	9.89	3.29666667	0.00903333

Annexe n°12:Rapport détaillé de l'analyse d'ANOVA de Nombre de ramifications/plante

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	9	44	4.88888889	3.11111111
Ligne 2	9	34	3.77777778	6.19444444
Ligne 3	9	21	2.33333333	0.75
Ligne 4	9	43	4.77777778	3.69444444
Ligne 5	9	31	3.44444444	1.77777778

Annexe n°13:Rapport détaillé de l'analyse d'ANOVA de la hauteur des plantes

RAPPORT DÉTAILLÉ				
Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
Ligne 1	9	754	83.77777778	449.944444
Ligne 2	9	425	47.22222222	196.631944
Ligne 3	9	330	36.66666667	210.25
Ligne 4	9	418	46.44444444	265.777778
Ligne 5	9	370	41.11111111	191.611111

Annexe n°14:détaille de calcul de l'Hi d'une plante

Répétition Variété	R1		R2		R3		moyenne Hi (%)
	(Poids des grains×100) / poids T	Hi (%)	(Poids des grains×100) / poids T	Hi (%)	(Poids des grains×100) / poids T	Hi (%)	
Q1	$(31.66 \times 100) / 70$	45.22	$(25 \times 100) / 105$	23.81	$(47.52 \times 100) / 115$	41.32	36.78
Q2	$(8.64 \times 100) / 14.70$	58.77	$(7.28 \times 100) / 14.76$	49.32	$(7.80 \times 100) / 13.22$	59	55.69
Q3	$(16.70 \times 100) / 34.35$	48.62	$(11.38 \times 100) / 24.36$	46.72	$(4.03 \times 100) / 8.94$	45.08	46.80
Q4	$(2.47 \times 100) / 9.12$	27.08	$(7.33 \times 100) / 16.97$	43.19	$(5.15 \times 100) / 11$	46.82	39.03
Q5	$(2.48 \times 100) / 9.30$	26.66	$(17.37 \times 100) / 30.87$	56.27	$(3 \times 100) / 6.26$	47.92	43.61

Annexe n°15:détaille de calcul de l'Hi d'une m2

Variété répétition	R1		R2		R3		moyenne
	(Poids des grains×100) / biomasseT	Hi (%)	(Poids des grains×100) / biomasseT	Hi (%)	(Poids des grains×100) / biomasseT	Hi (%)	Hi (%)
Q1	(317.77×100)/ 1420	22.38	(365×100)/ 1250	29.2	(383.33×100)/ 2060	18.61	23.39
Q2	(83.93×100)/ 207	40.55	(98.06×100)/ 240	40.86	(81.3×100)/ 230	35.36	38.92
Q3	(175.33×100)/ 220	79.69	(178.84×100)/ 250	71.54	(130.2×100)/ 237	54.94	68.72
Q4	(120.78×100)/ 665	18.16	(95.14×100)/ 400	23.78	(79.27×100)/ 415	19.10	20.34
Q5	(78.88×100)/ 455	17.34	(106.75×100)/ 375	28.47	(87.4×100)/ 350	24.97	23.59