



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمزة لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de biologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

THEME

Etude de quelques paramètres de développement de quinoa
var. *Amarilla sacaca* sous l'effet de différentes doses de
fertilisation NPK

Présentés Par :

Melle BENYAYA Reguia

Melle BOUHANNA Abir

Devant le jury composé de :

Président : ASSILA Ismail

Université Echahid HAMMA LAKHDAR Eloued

Examineur : LABED Soumia

Université Echahid HAMMA LAKHDAR Eloued

Promoteur : SLIMANI Noureddine

Université Echahid HAMMA LAKHDAR Eloued

Remerciement

En préambule à ce mémoire et avant toute chose, nous remercions ((Allah)), l'omnipotent, pour nos avoir donné la force, la patience et le courage pour mener ce travail à son terme durant

Ces longues années d'étude.

*Nous tenant à remercier sincèrement : Notre promoteur **Dr .SLIMANI Noureddine** Qui est toujours*

Montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

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

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

Cette formidable année universitaire.

*Nous remercions très chaleureusement Directeur de L'ITDAS de Djamaa Melle **KHALED Halima** pour son amitié, conseil, suivi et l'aide précieuse qu'elle nous avons apportés tout au long de ce travail.*

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

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

En fin nous remercions tous ceux qui nous aidés de près ou de loin dans la réalisation de ce travail et soutenus dans les moments difficiles.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma famille, qui elle m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite

A mon père qui a été mon ombre durant toutes les années des études, qui a veillé à donner l'aide, à m'encourager et me protéger,

A ma chère mère qui ma mise au monde et qui m'a tant donné pour faire de moi ce que je suis

A ma frères (Messaouda, Wafa, Sabah, Farida, Nour El houda, Chahinaz ,Asma)

A mes sœurs (Abd El Raouf, Abd ElSammed)

Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études

A mes amies et mes camarades (Louardi A, Douidi N et Gussoume M)

*Sans oublier toutes les **professeures** que ce soit du primaire, du moyen, de secondaire ou de l'enseignement supérieur*

A petites enfants de ma famille de (Abd Essamie... à Arwa)

Benyaya Reguia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma famille, qui elle m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite

A mon père qui a été mon ombre durant toutes les années des études, qui a veillé à donner l'aide, à m'encourager et me protéger,

A ma chère mère qui ma mise au monde et qui m'a tant donné pour faire de moi ce que je suis

A ma frères (kawther, kanza, saadia ,chourouk)

A ma sœur (zakaria)

Qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études

A mes amies et mes camarades (Badra S. Sbaa B. Chikha ahmed C)

Sans oublier toutes les professeures que ce soit du primaire, du moyen, de secondaire ou de l'enseignement supérieur (Lalmi bouzide)

Bouhanna Abir

Résumé

Ce travail a pour but d'étudier l'effet de différentes doses de fertilisation NPK sur quelques paramètres de développement de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) variété (*Amarilla sacaca*).

Pour ce faire, un dispositif expérimental a été installé sous palmier au niveau de la Ferme de Démonstration et de Production de Semence (**F.D.P.S**) de L'Institut Technique Développement Agricole Saharienne(**ITIDAS**) de L'Arfiane, djamaa ; wilaya d'El-oued au sud est Algérie qui présenté comme une zone aride

Le dispositif expérimental contient trois blocs (3 répétitions de : dose 01 ; dose 02 ; dose 03 ; fertilisation organique ; témoin). L'essai englobe au total 15 parcelles élémentaires. Ainsi, le dispositif expérimental choisi est de type bloc aléatoire. Les paramètres retenus sont : nombre des plantes levées par parcelle, l'hauteur de la plante, nombre de ramification herbacée, nombre de ramification paniculaire, l'hauteur de la panicule principale, et le poids de panicule principale.

Les résultats montrent que hauteur de la plante est augmenté proportionnellement avec les doses appliqués. Les hauteurs enregistrées sont de 50,5 cm ; 75,1cm ; 80,5 cm et 21,8 cm respectivement pour les doses (**dose 01** =100g / m²), (**dose 02** =275g / m²), (**dose 03**= 600g / m²) et (**Témoin** = 0g / m²) et aussi que les nombres de ramification enregistrés sont de (10.55), (11.8) , (13.83) et (5.6) , respectivement pour les doses (**dose 01**) , (**dose 02**) , (**dose 03**) ,(Témoin)

Outre les résultats obtenus montrent que la **dose 03** de NPK a enregistré le rendement le plus élevé toutefois, tandis que la **dose 01** donne un rendement relativement tardive par rapport aux autres **dose 02**, en particulier par rapport à **témoin** qui a donné, le résultat le plus moins.

Mots-Clés : quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), adaptation, fertilisation, NPK, zone aride.

Abstract

The aim of this work is to study the effect of different doses of NPK fertilization on some development parameters of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) variety (Amarilla sacaca).

To do this, an experimental device was installed under a palm tree at the level of the Seed Demonstration and Production Farm (F.D.P.S) of the Saharan Agricultural Development Technical Institute (ITIDAS) of L'Arfiane, Djamaa; wilaya of El-oued in south-eastern Algeria which presented as an arid zone

The experimental setup contains three blocks (3 repetitions of: dose 01; dose 02; dose 03; organic fertilization; control). The test encompasses a total of 15 elementary plots. Thus, the experimental device chosen is of the random block type The parameters adopted are: number of plants emerged per plot, height of the plant, number of herbaceous branches, number of panicular branches , the height of the main panicle, and the weight of the main panicle.

The results show that plant height is increased proportionally with the applied doses. The recorded heights are 50.5 cm; 75.1cm; 80.5 cm and 21.8 cm respectively for doses (**dose 01** =100g / m²), (**dose 02** =275g / m²), (**dose 03**= 600g / m²) and (**Control** = 0g / m²) and also that the number of branches recorded are (10.55), (11.8), (13.83) and (5.6), respectively for the doses (**dose 01**) , (**dose 02**) , (**dose 03**), (**Control**)

In addition to the results obtained show that **dose 03: 600g / m²** of NPK recorded the highest yield, however, while **dose 01: 100g / m²** gives a relatively late yield compared to other **doses 02: 275g / m²**, especially compared to control which gave, the most less result.

Keywords : quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), adaptation, fertilization, NPK, arid zone.

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير بعض تراكيز السماد المعدني NPK على بعض معايير التكيف و التأقلم لنبات الكينوا (*Chenopodium quinoa Willd*) صنف (*Amarillasacaca*) و للقيام بذلك تم تجسيد المخطط التجريبي ما بين اشجار النخيل على مستوى مزرعة البرهنة وإنتاج البذور (FDPS) التابعة للمعهد التقني لتنمية الزراعة الصحراوية (ITIDAS) الاغفيان جامعة ولاية الوادي الواقعة بجنوب شرق الجزائر والتي تصنف كمنطقة جافة .

يحتوي المخطط التجريبي على ثلاثة أقسام (ثلاث تكرارات لكل من : التركيز 01 ; تركيز 02 ; تركيز 03 ; تسميد عضوي ; والشاهد) أي 15 قطعة متساوية تم اختيارها بشكل عشوائي. و المعايير التي تم دراستها في التجربة هي (عدد النباتات في كل قطعة ; طول النبتة ; عدد التفرعات الخضرية و العنقودية بالإضافة إلى طول و وزن العنقود الزهري الرئيسي لكل نبتة).

اظهرت النتائج أن ارتفاع النبات يزداد بالتناسب مع التراكيز المضافة. ارتفاعات النبات المسجلة هي كالتالي 50.5 سم ؛ 75.1 سم ؛ 80.5 سم و 21.8 سم على التوالي للتركيز (التركيز 01 : 100 غ / م²) ، (التركيز 02 : 275 غ / م²) ، (التركيز 03 : 600 غ / م²) و (الشاهد : 0 غ/م²) اما بالنسبة لعدد التشعبات العنقودية المسجلة هي (10.55) و (11.8) و (13.83) و (5.6) على التوالي للتركيز (التركيز 01) ، (التركيز 02) ، (التركيز 03) و (الشاهد) .

بالإضافة إلى النتائج التي تم الحصول عليها تبين أن التركيز الثالث والذي قيمته 600 غرام من NPK في مساحة تقدر ب 4.5 متر مربع سجل أعلى مردود فيما أظهرت النتائج أن التركيز الأول 100 غرام في 4.5 متر مربع شهد تأخر في نمو النبتة من حيث الجزء الهوائي مقارنة بالتركيز الثاني 275 غرام في مساحة 4.5 متر مربع وتبقى التربة الشاهد هي الأقل في نمو نبات الكينوا وذلك لخلوها من المواد اللازمة والمتاحة للنبات لارتفاع نسبة الملوحة بها .

الكلمات المفتاحية : كينوا (*Chenopodium quinoa Willd*) ,سماد معدني, منطقة جافة.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace.....	
Résumé.....	
Abstract	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des photos.....	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

Partie I : Analyse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le quinoa)

I.1.Historique Et Origine	4
I.2. Distribution géographique	4
I.3. Classification botanique	5
I.4. Culture de quinoa aux niveaux mondial.....	6
I.5. Culture de quinoa en Algérie.....	6
I.6. Description botanique.....	6
I.6.1.Les racines	6
I.6.2.La tige	7
I.6.3. Les feuilles.....	8
I.6.4. La ramification.....	9
I.6.5.Fleurs	10
I.6.6. Les fruits et les graines	10
I.7.Stades Phrénologiques de quinoa selon.....	11
I.7.1. Levée.....	11
I.7.2.Deux feuilles vraies	11
I.7.3.Quatre feuilles vraies	11
I.7.4.Six feuilles vraies.....	11
I.7.5.Ramification.....	11
I.7.6.Début de formation de la panicule	11
I.7.7.Panicule.....	12
I.7.8.Début de floraison.....	12

Sommaire

I.7.9.Floraison	12
I.7.10.Grain laiteux	12
I.7.11.Grain pâteux.....	12
I.7.12.Maturité physiologique	12
I.8. Valeur alimentaire	13
I.9. Utilisations.....	14
I.10. Techniques culturales d'après	15
I.10.1. Exigences climatiques.....	15
I.10.2. Type de sol.....	15
I.10.3. Semis.....	15
I.10.4. Pratique culturales.....	15
I.10.5. Mode et dose de semis	16
I.10.6. Fertilisation	16
I.10.7. Besoins en eau	16
I.10.8. Contrôle des mauvaises herbes	16
I.10.9. Maladies.....	16
I.10.10. Insectes et ravageurs	17
I.10.11. Récolte	17
I.11. Variétés.....	17
I.12.Résistance de la plante.....	18
I.12.1.Résistance à la sécheresse.....	18
I.12.2.Résistance au froid.....	18
I.12.3.Résistance à la salinité	19
I.12.4.Résistance aux maladies, parasites et ravageurs.....	19
Chapitre II: Les éléments nutritifs	
II.1. Les éléments nutritifs	22
II.1.1. Azote.....	22
II.1.2.Phosphore	22
II.1.3.Potassium.....	23
II.2. Que ce qu'un NPK (15 .15.15) ?.....	23
II .2.1. Périodes d'utilisation.....	23
II .2.2. Composition	23

Sommaire

Partie I : Etude expérimentale

Chapitre III : Matériel d'étude

III.1. Présentation de la région d'étude.....	26
III.1.1. Situation géographique de la région d'étude.....	26
III.1.2. Situation géographique de la station d'étude (ITDAS d'El-Arfiane)	26
III.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude selon (BOUAICHI N ; BEN ABDALLAH Y 2019).....	27
III.2.1. Température	27
III.2.2. Précipitations.....	27
III.2.3. Evaporation	28
III.2.4. L'humidité relative de l'air	29
III.2.5. Durée de l'insolation	30
III.2.6. Le vent.....	30
III.2.7. Climagramme d'EMBERGER.....	31
III.2.8. Le Diagramme Ombrothermique	32
III.3. Matériel d'étude	33
III.3.1. Matériels végétales.....	33
III.4. Méthodes d'étude.....	34
III.4.1. Protocole expérimental.....	34
III.4.2. Déroulement de l'essai.....	35
III.5. Etude des paramètres de développement de quinoa sous les différentes doses de fertilisation de NPK.....	38
III.5.1. Taux de germination :	38
III.5.2. Hauteur des plantes au stade panicule :	38
III.5.3. Nombre de ramifications herbacées par plante :	38
III.5.4. Nombre des ramifications panicule/ plant :	38
III.5.5. Poids de la panicule principale :	38
III.6. Maladies et ravageurs	38
III.7. Méthodes d'analyse du sol.....	38
III.7.1. pH.....	38
III.7.2. Conductivité électrique (CE e.1 :5).....	38
III.7.3. La dureté calcique (caco ₃).....	39
III.7.4. calcium	39
III.7.5. potassium.....	39

Sommaire

III.7.6.sodium	39
III.8. L'eau d'irrigation	39
III.9. Méthodes de traitement des données (Analyse statistique).....	39
Chapitre IV : Résultats et Discussion	
IV.1. Les résultats des analyses statistiques.....	41
IV.1.1.Variation de taux de PH ; Conductivité électrique et salinité de solution de sol en fonction des doses :.....	41
IV.1.2. Variation d'éléments minéraux en solution de sol en fonction des doses :	43
IV.1.3. Résultat d'analyse l'eau d'irrigation :.....	44
IV.2. Paramètres liés à de développement de quinoa sous différents doses de fertilisation de NPK 15 15 15	45
IV.2.1. Hauteur des plants au stade panicule	45
IV.2.2.Nombre de ramifications herbacées par plante.....	46
IV.2.3. Nombre des ramifications panicule/ plant.	46
IV.2.4. Hauteur et le poids de la panicule principale	47
IV.2.5. Taux des plants levés par parcelle	47
IV.3. Contraintes du milieu.....	48
IV.4. Facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental	49
IV.4.1. Ravageurs ; maladies ; parasites	49
IV.4.2. Mauvaises herbes	50
IV.4.3.Aléas climatiques	51
Conclusion	52
Références bibliographiques.....	55
Les annexes.....	61

Liste des figures

Liste des figures

Figure(01) : Distribution géographique de la culture traditionnelle de quinoa en Amérique du Sud (la densité des points reflète l'importance relative de la culture) (Bouaiche, 2015)	5
Figure (02) : Phases phénologiques du quinoa (Lebonvallet, 2008)	13
Figure(03): situation géographique de la vallée D'Oued Righ (Google Earth 2017)	26
Figure(04):situation géographique de région d'étude	26
Figure (05): Présentation station de l'étude ITDAS d'El-Arfiane (google earth 2020).....	27
Figure (06) : Répartition des pluies moyennes interannuelles (mm).....	28
Figure (07) : Répartition évaporation moyennes interannuelle du vent (mm)	29
Figure (08) : Répartition de l'humidité moyenne interannuelle (%).....	29
Figure (09) : Répartition de la durée d'insolation moyenne interannuelle(h).....	30
Figure (10) : Répartition des vitesses des vents moyens interannuels du vent (m/s)	31
Figure (11) : Position de la région de Touggourt dans le Climagramme d'EMBERGER (2008/2017)	32
Figure (12) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Touggourt (200 8/2017)	33
Figure (13) : Schéma du dispositif expérimentale.....	35
Figure (14) : Variation de taux de PH ; Conductivité électrique et salinité de solution de sol en fonction des doses de NPK 15 15 15.....	41
Figure (15) : Variation des éléments minéraux en solution de sol en fonction des doses.....	43
Figure (16) : Caractéristiques de la partie aérienne du plante en fonction des doses Témoin : 0g / 4.5 m ² , Dose 1 : 100g / 4.5 m ² , Dose 2 : 275g / 4.5 m ² , Dose 3 : 600g / 4.5 m ²	45

Liste des photos

Liste des photos

Photo (01): quinoa <i>Amarilla sacaca</i>	5
Photo(02) : Racines du quinoa <i>Amarilla sacaca</i>	7
Photo(03) : La tige de quinoa <i>Amarilla sacaca</i>	8
Photo (04): Feuilles du quinoa (<i>Amarilla sacaca</i>).....	9
Photo (05): Ramification de la plante de quinoa	9
Photo(06) : Fruits et graines de la plante de quinoa	10
Photo (07) : Semences de quinoa v 2 :(<i>Amarilla sacaca</i>).....	33
Photo (08) : Dispositif expérimental	34
Photo (09) : Test de germination	36
Photo (10) : Quelques espèces ravageurs, parasites ; et maladies influencées sur la plante (A.B.C.D .E).....	49
Photo (11) : Des espèces végétales observées dans le site expérimentale (A.B.C).....	50
Photo (12) : Facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental (A .B.C.D).....	51

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau(01) : Classification scientifique de quinoa.	5
Tableau (02) : Valeur nutritionnelle moyenne de quinoa pour 100g	14
Tableau (03) : périodes d'utilisation de NPK 15.15.15	23
Tableau (04) : Températures moyennes interannuelle en (°C), Période (2008-2017).....	27
Tableau(05) : Précipitations moyennes interannuelle en (mm), Période (2008 2017).....	27
Tableau (06) : Evaporation moyennes interannuelles (mm) Période (2008-2017).	28
Tableau (07) : Humidité moyenne interannuelle(%) Période (2008-2017).....	29
Tableau(08) : Durée d'insolation moyenne interannuelle en (h), (O.N.M)	30
Tableau (09) : Vitesses du vent moyen interannuel en (m/s), Période (2008-2017).....	30
Tableau (10) : Dates des apports azotés	37
Tableau(11) : Irrigation des plants de quinoa au cours de l'essai	37
Tableau (12) : Résultat d'analyse l'eau d'irrigation	44
Tableau (13) : Taux moyen des plants levés par parcelle.....	47

Liste des abréviations

% : pour cent.

B : Bloc

CE : Conductivité électrique.

cm : Centimètre.

Dose : dose de fertilisation NPK qui ajoutée au sol

F.D.P.S : Ferme de Démonstration et de Production de Semence.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

F O : Fertilisation Organique

g : gramme.

g/p : gramme sur parcelle

ITDAS : L'Institut Technique Développement Agricole Saharienne.

Km : kilomètre

m : mètre

mm : millimètre

m² : mètre carré (4.5 m²)

qx/ha : quintaux/hectare

S : Salinité

T : Témoin

Introduction

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

Le quinoa est une espèce native d'Amérique du Sud, originaire de la région andine et plus particulièrement des hauts plateaux (Altiplano) bolivien et péruvien (Wilson, 1990 ; Mujica *et al.* 2001) où il a été domestiqué entre 3 000 et 5 000 ans BP (before present). Le quinoa cultivé le plus ancien a été trouvé sur les bords du lac Titicaca et daté à 3 500-2 800 ans BP (Bruno et Whitehead, 2003) ; il est mentionné pour des périodes plus anciennes, proches de 5 000 ans BP, mais seulement pour des cueillettes (Heiser et Nelson, 1974 ; Planelle et Tagle, 2004).

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est une plante herbacée annuelle de la famille des Amaranthaceae. Originaire de la région andine de l'Amérique du Sud, elle a été domestiquée par les peuples autochtones il y a plusieurs milliers d'années. Cultivée depuis le niveau de la mer jusqu'à près de 4000 m d'altitude sur les hauts plateaux de la Cordillère des Andes, la plante s'est progressivement adaptée à la pauvreté des sols et aux conditions écologiques extrêmes.

Principalement cultivé pour la consommation de ses graines qui sont souvent confondues avec celles des céréales comme le blé, le riz ou le maïs (monocotylédones de la famille des Poaceae), le quinoa est actuellement considéré comme une « pseudo céréale ». (Herbilin M 2015) .

Aujourd'hui, le quinoa est en pleine expansion car il présente un potentiel considérable pour améliorer les conditions de vie des populations des Andes et du monde moderne. Le quinoa possède d'excellentes caractéristiques intrinsèques, parmi lesquelles sa grande variabilité génétique. Son patrimoine génétique est particulièrement stratégique pour développer des variétés supérieures (précocité, couleur et taille du grain, résistance et/ou tolérance aux facteurs biotiques et abiotiques, rendement en grain et sous-produits). Il s'adapte à toutes sortes de climats, du climat désertique aux climats chauds et secs. Le quinoa peut se développer avec une humidité relative allant de 40 % à 88 % et supporter des températures comprises entre -4°C et 38°C. C'est une plante économe 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. Grâce à sa capacité d'adaptation à des conditions climatiques défavorables et à des sols impropres à d'autres cultures, on peut obtenir des récoltes du niveau de la mer jusqu'à 4000 mètres d'altitude (hauts plateaux (*altiplano*), lacs salés, *puna*, vallées

Introduction

interandines, *yungas*, niveau de la mer). Ses qualités nutritionnelles dues à sa composition en acides aminés essentiels, tant en qualité qu'en quantité, en font un aliment fonctionnel et idéal pour l'organisme et pour la diversité de ses modes d'utilisations traditionnelles, non traditionnelles et pour des innovations industrielles. **(Bioversity International et FAO 2013)**

Cette espèce végétale est dotée d'un historique très important, il était adoré et d'ailleurs appelé « chisya mama » ce qui signifiait « la mère de tous les graines » **(Bazile *et al.*, 2016)**.

De ce fait, l'introduction du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives de développement, en raison de l'adaptation de cette espèce végétale associée aux céréales à différents climats. Du fait, qu'il croit sur des sols salés, le quinoa pourrait également être cultivé au Sud de l'Algérie où ce genre de sols occupe de grandes étendues.

Dans cette perspective, notre objectif de travail est consisté de l'étude d'effet des différentes doses de fertilisation NPK sur les paramètres de développement de quinoa ; pour ce faire, on a entamé cette étude comparative afin de caractériser la meilleure dose sous les conditions expérimentales,

Notre travail est divisé en trois parties :

- ✓ **La première partie** : est consacrée à une synthèse bibliographique qui traite des généralités sur le quinoa et les éléments nutritifs.
- ✓ **La deuxième partie** : comporte la présentation de la région d'Oued Righ et les différentes méthodes de travail utilisées
- ✓ **La troisième partie** : présente les résultats de différents paramètres de l'espèce étudié (*Amarilla sacaca*) et d'une conclusion générale .

*Partie I : Analyse
bibliographique*

*Chapitre I : Généralités sur le
quinoa*

I.1. Historique Et Origine

Le quinoa est une culture indigène originaire de la région andine de l'Amérique du Sud, et plus précisément des alentours du lac Titicaca. Cette zone située entre le Pérou et la Bolivie constitue un ancien centre de civilisation et de domestication des cultures. En référence à son origine ancestrale, le quinoa est parfois surnommé « graine des Incas », une expression assez mal choisie car la domestication du quinoa ne date pas de l'époque où l'Empire Inca était à son apogée (**Herbillon M 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. Avec l'arrivée des espagnols, cette culture fût remplacée par les céréales (**Cercam, 2014**) a été cultivée et consommée pendant des siècles par les populations paysannes indigènes de Colombie, Équateur, Pérou, Bolivie et Chili (**Gandarillas, 1979**). Grâce à ces générations d'agriculteurs le matériel génétique de cette espèce, comme celui d'autres plantes cultivées, a peut-être conservé, avec les caractéristiques propres de ce que l'on pourrait appeler un système de conservation adéquat in situ (**Tapia, 2002**).

I.2. Distribution géographique

La plante de quinoa est une pseudo-céréale largement répandue géographiquement (**Boubaiche, 2015**) Le quinoa est distribué dans toute la région andine, de la Colombie (Pasto) au nord de l'Argentine (Jujuy et Salta) et au Chili (Antofagasta), où un groupe des quinoas a été trouvé au niveau de la mer dans la région de Bío Bío. L'Altiplano du Pérou et de la Bolivie (**FAO, 2011**). Le quinoa est aussi devenu l'objet d'une culture d'exportation à destination des pays du Nord (Europe, Etats-Unis, Canada) (**Del Castillo et al. 2008**). La figure N°01 montre la distribution géographique de la culture de quinoa (**FAO & CIRAD, 2015**).



Figure(01) : Distribution géographique de la culture traditionnelle de quinoa en Amérique du Sud (la densité des points reflète l'importance relative de la culture) (Bouaiche, 2015)

I.3. Classification botanique

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

Tableau(01) : Classification scientifique de quinoa (Herbillon, 2015).

Classification de Cronquist (1981)	
Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsidae
Sous classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Chenopodiaceae
Genre	Chenopodium
Classification APG III(2009)	
Order	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Nom binominal	
chenopodium quinoa willd ; 1798	



Photo (01): quinoa *Amarilla sacaca* (Benyaya R. et Bouhanna A .2020)

I.4. Culture de quinoa aux niveaux mondial

En 2014, la production mondiale du quinoa a dépassé 192 millions de tonnes localisé en Amérique ; Le Pérou 114.3 million de tonnes La Bolivie 77.3 millions de tonnes et l'Equateur 810000 tonnes (**FAOSTAT, 2016**). Le premier exportateur de la Bolivie est lié à la qualité du grain produit pour répondre à la demande internationale (Etats-Unis et Europe principalement). (**Laguna, 2002**).

I.5. Culture de quinoa en Algérie

D'après (**Yahia, 2014**) L'introduction de la culture du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives de développement, en raison de l'adaptation de cette plante associée aux céréales à différents climats ont affirmé à Alger des experts lors d'un atelier sur le lancement du projet régionale de deux jours permettra le lancement du projet régional regroupent des pays d'Afrique et du

Moyen – Orient de l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture. Selon des scientifiques, l'intérêt de cette plant réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrêmes (sécheresse, pauvreté des sols, salinité) soulignant son efficacité dans la lutte contre la désertification d'autre plus que le quinoa se développe dans milieu aride ou il pourrait même donner des rendements acceptables. Selon (**FAO, 2006**) l'introduite en 2014 en Algérie, elle est cultivée à tire expérimental dans huit site de quatre institution ayant différentes caractéristique agro-écologiques, en pour les deux sites de L'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. Au niveau INRAA, les essais ont été menés sur deux sites, Adrar ou le meilleur rendement (mars 2015) avec une irrigation d'appoint en période de sécheresse. Le rendement a atteint 19.4 qx /ha

I.6. Description botanique

La plante montre une grande diversité génétique et donc morphologique d'une variété à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'une même variété. Verte, orange, rose, rouge ou pourpre, tachetée ou non ... les couleurs de la tige, des feuilles, des épis et des graines variété, mais aussi des conditions de croissance (**Herbillon M 2015**).

I.6.1.Les racines

La plante comporte une racine pivotante, qui dans le processus initial de germination est le premier organe à se développer après quelques heures d'humectation. Sa croissance est en

rapport étroit avec celle de la partie aérienne, des plantes de 1, 70 m pouvant développer une racine de 1.50 m (Tapia *et al.*, 1979 ; Izquierdo *et al.*, 2001)



Photo(02) : Racines du quinoa *Amarilla sacaca* (Benyaya R . et Bouhanna A .2020)

I.6.2.La tige

La tige a une forme cylindrique au niveau du collet et anguleuse plus haut, peut atteindre une taille de 0.5 à 2 m selon la variété et les conditions de croissance, les quinoas des vallées ou des zones protégées et fertiles étant plus grandes que celles qui poussent au-delà de 4000 m, ou celles des zones froides (Gandarillas ,1979 ; Cáceres, 1993 ; Mujica et Jacobsen, 1999)

La couleur de la tige est également très variable. Elle peut être uniformément verte, verte avec des aisselles colorées (surtout rouges), verte avec des stries violettes ou rouges, ou bien uniformément rouge. A l'intérieur de la tige, on trouve une moelle de couleur blanche à crème, de texture molle chez les jeunes plants puis devenant aérée et spongieuse à l'approche de la maturité. En revanche, le cortex est ferme et compact, constitué de tissus solides (Gandarillas, 1979).



Photo(03) : La tige de quinoa *Amarilla sacaca* (Benyaya R . et Bouhanna A .2020)

I.6.3. Les feuilles

Les feuilles de la plante sont alternes et se composent d'un pétiole et d'un limbe. Les pétioles sont longs, fins et cannelés sur la face supérieure et de longueur variable au sein de la même plante. Le plus souvent, les limbes sont plans mais ils peuvent parfois être ondulés. Les feuilles inférieures sont grandes, jusqu'à 15 ¥ 12 cm, rhomboïdales (en forme de losange) ou triangulaires ; tandis que les feuilles supérieures sont petites, d'environ 10 ¥ 2 mm, lancéolées ou triangulaires (**Mujica *et al.*, 2001**). La couleur des feuilles varie en fonction des génotypes, elles sont généralement vertes lorsqu'elles sont jeunes puis elles virent au jaune, rouge ou violet. Ces couleurs sont le résultat de la présence de pigments végétaux appelés bétalaines qui sont de deux types :

Bétacyanines (rouge-violet) et bétaxanthines (jaune) (**Gallardo *et al.*, 1996**). L'un des caractères les plus constants est le nombre de dentelures qui bordent les feuilles qui varie de 0 à 20 selon les différents écotypes (**Gandarillas, 1968b**).

Les feuilles présentent des adaptations morphologiques variées qui les aident à résister à la sécheresse pendant la croissance, parmi lesquelles une cuticule cireuse, des stomates protégés par un épiderme épaissi et des papilles sur les deux faces (**Jacobsen et Stolen, 1993**). Ces papilles, grâce à leur forte teneur en oxalate de calcium, fonctionnent comme des agents hygroscopiques. Cela signifie qu'elles sont capables de capter l'humidité atmosphérique nocturne, de contrôler l'évapotranspiration excessive mais également de réfléchir les rayons solaires, empêchant ainsi le phénomène de réchauffement des feuilles (**Mujica *et al.* 2001**).



Photo (04): Feuilles du quinoa (*Amarilla sacaca*)(BENYAYA R . et BOUHANNA A .2020)

I.6.4. La ramification

Les branches naissent à l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales, allant de quelques centimètres jusqu'à une longueur équivalente à celle de la tige principale (Jacobsen et Stolen, 1993). Il existe des génotypes très ramifiés (quinoa des vallées), parfois même à partir de la base (quinoa du niveau de la mer), tandis que d'autres présentent une tige unique (quinoa des hautes plaines). Il existe également des génotypes intermédiaires (Mujica et al. 2001). 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 Stolen, 1993).



Photo (05): Ramification de la plante de quinoa (Benyaya R . et Bouhanna A .2020)

I.6.5.Fleurs

Tous les membres de la famille des Chenopodiaceae, y compris le genre *Chenopodium*, présentent des fleurs incomplètes, sessiles et dépourvues de pétales (Jacobsen et Stolen, 1993). Une caractéristique importante du quinoa est la présence de fleurs femelles unisexuées localisées à l'extrémité distale d'un groupe, et de fleurs hermaphrodites localisées à l'extrémité proximale (Hunziker, 1943 ; Valencia-Chamorro, 2003) .

La fleur hermaphrodite est constituée d'un périgone sépaloïdes (cinq sépales), d'un gynécée (ou pistil) avec un ovaire ellipsoïdal et deux ou trois stigmates entourées par l'androcée, lui-même composé de cinq étamines recourbées et courtes. La fleur femelle se compose seulement d'un périgone et d'un gynécée. La taille de la première varie entre 2 et 5mm contre 1 à 3 mm pour la seconde. Le pourcentage de chacune d'elle dans la glomérule dépend de la variété (Gandarillas, 1979).

I.6.6. Les fruits et les graines

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).

Il existe trois formes de graines : conique, cylindrique et ellipsoïdale ; qui pour raient être réparties dans trois catégories de taille : grande taille (2,2 à 2,6 mm), taille moyenne (1,8 à 2,1 mm) et petite taille (< 1,8 mm) (Quispeet al ., 1976). Les différentes couleurs du périgone, du péricarpe et de l'épisperme sont la raison pour laquelle l'inflorescence du quinoa présente autant de couleurs variées (Gandarillas, 1979).



Photo(06) : Fruits et graines de la plante de quinoa (Benyaya R. et Bouhanna A .2020)

I.7. Stades Phrénologiques 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. (Lebonvallet, 2008)

I.7.1. 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.

I.7.2. 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.

I.7.3. 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.

I.7.4. 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).

I.7.5. Ramification

A 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.

I.7.6. 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.

I.7.7.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.

I.7.8.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.

I.7.9.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.

I.7.10.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.

I.7.11.Grain pâteux

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

I.7.12.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.

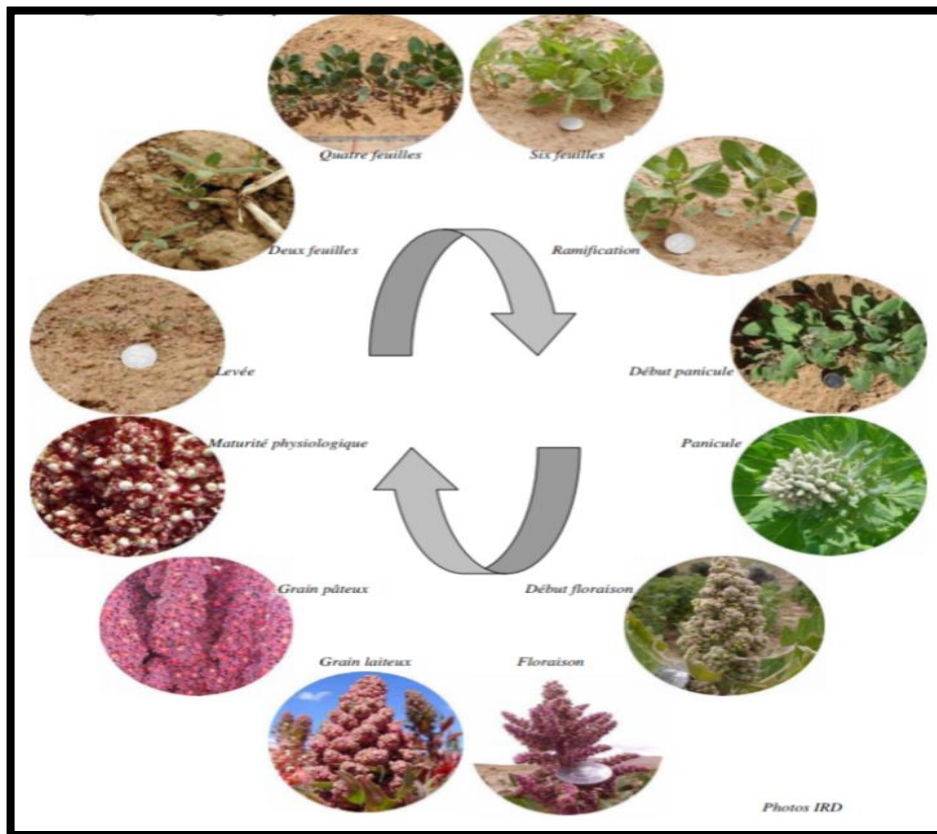


Figure (02) : Phases phénologiques du quinoa (Lebonvallet, 2008)

I.8. Valeur alimentaire

Le quinoa a un potentiel nutritif important. Elle se caractérise par une teneur élevée en protéines : 14 à 21% contre 7 à 12% chez la plupart des autres céréales (blé, riz, maïs, orge, etc.) (Bhargava *et al.*, 2006). Cependant, son principal intérêt nutritif réside dans sa composition équilibrée et complète en acides aminés essentiels (la lysine fait généralement défaut dans les autres céréales), comparable celle du lait et supérieure à celle du blé et d'autres céréales (Chauhan *et al.* 1992). En outre, elle offre un contenu en minéraux très supérieur à celui des céréales classiques, en particulier en phosphore, magnésium, potassium et fer. Enfin, des études récentes indiquent que le quinoa est une excellente source de vitamines, d'antioxydants et d'acides gras (Dini *et al.*, 2004). Il n'est donc pas surprenant que la FAO ait choisi le quinoa comme des cultures destinée à garantir la sécurité alimentaire, particulièrement pour les habitants des Andes qui l'ont historiquement cultivée, et qu'aux USA, en Europe occidentale et au Japon, le quinoa soit commercialisée comme un aliment à haute valeur nutritive (Galwey, 1993).

Tableau (02) : Valeur nutritionnelle moyenne de quinoa pour 100g (Souci, Fachmann et kraut, 2008)

Apport énergétique	
Joules	1415 KJ
Calories	334 Kcals
Principaux composants	
Protides	14.8 g
Lipides	5.04 g
Saturés	505.7 mg
Oméga-3	200 mg
Oméga-6	2430 mg
Oméga-9	1300 mg
Eau	12.7 g
Glucides	58.5 g
Fibres alimentaire	6.64 g
Cendres totales	3.33 g
Macro et microéléments (oligoéléments)	
Fer	8.0 g
Magnésium	275 mg
Manganèse	2.8 mg
Phosphore	328 mg
Potassium	804 mg
Sodium	9.6 mg
Zinc	505 mg
Bore	0.800 mg
Calcium	80 mg
Chlore	105 mg
Cobalt	0.0031 mg
Cuivre	1.787 mg
Vitamines	
Vitamine B1	0.170 mg
Vitamine B3 (ou PP)	0.450 mg
Vitamine E	4.0 mg

I.9. Utilisations

Selon (Touati. I 2018) l'utilisations du quinoa sont nombreux 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, au cosmétique, aux applications pharmaceutiques et à d'autres utilisations.

I.10. Techniques culturales d'après (Touati I, 2018)

Le Quinoa est une culture d'automne à cycle court qui entre à maturité après 90 à 125 jours. Les variétés précoces sont généralement recommandées pour les hautes altitudes ou la période favorable à la croissance est courte.

Les graines de taille proche à celle du millet (1.75 à 2 mm) sont produits sur des panicules est sont de forme aplatie sur deux cotés et arrondie autour. Leur couleur varie en fonction de la teneur en saponine du péricarpe (2 à 6%). L'embryon occupe 60% du volume de l'endocarpe ce qui donne à la graine une richesse en protéine supérieure à celle de toutes les céréales. (Touati I, 2018)

I.10.1. Exigences climatiques

La culture de quinoa nécessite une photopériode courte et une température basse pour une bonne croissance. Le Quinoa est cultivé sur des sols marginaux peu fertiles, toléré le déficit hydrique, Le gel (-1 à 0C°) et s'adapte bien aux hautes altitudes de 2000 à 3000 mètres. Le Quinoa est par contre très sensible aux fortes températures au stade floraison ; celles supérieures à 35C° casent la dormance et les stérilités du pollen.

I.10.2. Type de sol

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).

I.10.3. Semis

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

I.10.4. Pratique culturales

La préparation du lit de semis est essentielle. Le Quinoa doit être semé en Octobre-novembre comme les céréales d'automne pour profiter de la saison des pluies, des jours courts

et de la fraîcheur des températures et aussi pour éviter les grandes chaleurs au stade floraison. En haute altitude, un semis de février convient mieux.

I.10.5. Mode et dose de semis

La profondeur de semis doit être située entre 1 à 2.5 cm selon le type de sol et son humidité. La taille des graines les rend sensible à la dessiccation en surface et au risque d'asphyxie en profondeur. 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.

I.10.6. Fertilisation

Le Quinoa répond positivement à un rapport modéré d'azote. Au Colorado, le rendement maximal est obtenu avec 1.7 à 2 qx d'azote à l'hectare. Un apport excessif d'azote retarde la maturation et diminue le rendement au profit de la croissance végétative.

I.10.7. Besoins en eau

La culture de Quinoa tolère le stress hydrique et s'adapte bien aux régions où la pluviométrie annuelle avec irrigation se situe entre 250-400 mm sur de sols limono-sableux ou sablo limoneux. En deçà, la taille des plantes est améliorée le rendement avec le risque de verse.

I.10.8. Contrôle des mauvaises herbes

Le contrôle de la mauvaise herbe n'est pas sans difficulté puisque le quinoa pousse très lentement pendant les deux premières semaines et que la majorité des espaces adventices sont des dicotylédones. Les herbicides de réémergence sont les plus préconisées. Le semis tardif favorise la compétition entre espèce puisque la culture de quinoa est déjà bien établie à leur émergence.

I.10.9. Maladies

Les maladies et ravageurs peuvent apparaître rapidement après introduction du quinoa dans une région car celle-ci a des agents pathogènes en commun avec la betterave et les épinards. Plusieurs virus sont transmis par les pucerons. Les maladies comme la sclérotiniose (*Sclerotium rolfsii*), le mildiou (*peronosporafarinoso*), le phoma (*phomaexigua*), Les taches foliaires (*Ascochytahyalospora*) ,la pourriture grise (*Botritiscinerea*) et une bactériose (*Pseudomonas sp*) causent de sérieux dégâts dans les pays d'origine d'Amérique du nord et en grand Bretagne.

I.10.10. Insectes et ravageurs

Plusieurs insectes et ravageurs peuvent attaquer la culture de Quinoa du stade germination jusqu'à la récolte et le stockage des graines comme les altises et les chenilles. La meilleure méthode de lutte contre les pucerons est d'irriguer quand la forme aillée apparaît sur les galles des pétioles des feuilles. Les dégâts causés par les oiseaux sont aussi à craindre, mais les variétés riches en saponine sont moins exposées.

I.10.11. Récolte

Les panicules du Quinoa sont similaires à ceux du sorgho. La récolte commence quand les graines se détachent facilement par simple pression entre les mains. Les machines de battage possèdent des filtres à petites mailles à cause de la taille des graines et leur poids léger. En l'absence de machines, le battage est réalisé aisément après séchage des panicules. Le vannage et la séparation gravitaire sont nécessaires pour éliminer les débris. Le niveau de rendement en station expérimentale dans la région de Khénifra est de 34 qx/ha. Avant d'utiliser le quinoa dans la consommation humaine ou animale, les graines sont soit lavées ou polies pour éliminer la saponine du péricarpe. Le polissage est fait à l'aide de machines de polissage du riz ou de blé.

I.11. Variétés

Il existe plus de 1000 variétés de quinoa (Tapia, 2000) ; et selon (Cercam 2014) Les quinoas peuvent être divisés en cinq groupes de variétés répartis par zones d'adaptation écologique :

- **Quinoas des vallées arides (Junin) et des vallées humides (Cajamarca) :**

Les quinoas des vallées se distinguent entre ceux des cultures irriguées dans les vallées inter-andines (Urubamba au Pérou et Cochabamba en Bolivie) et ceux qui poussent dans des conditions pluviales au Pérou.

- **Quinoas de l'Altiplano (blancs autour du lac Titicaca et colorés dans la zone agro-écologique de Suni) :**

Ces variétés sont cultivées dans des conditions climatiques se caractérisant par de faibles précipitations et des températures favorables (cas du lac Titicaca).

- **Quinoa des déserts de sel (sud de la Bolivie) :**

Ce groupe des quinoas résistent à des conditions xérophytiques extrêmes. Ils réussissent à se développer en exploitant l'humidité des trous pratiqués pour les semis.

- **Quinoas du niveau de la mer au Chili :**

Ces quinoas sont les mieux adaptés aux conditions humides avec des températures plus régulières.

- **Quinoas de la zone agro-écologique Yunga et des subtropiques (Bolivie) :**

Cette variété pousse à des altitudes comprises entre 1 500 m et 2 000 m dans la zone agro-écologique de Yunga en Bolivie.

I.12.Résistance de la plante

Le quinoa est une plante originaire de la région andine de l'Amérique du Sud, cultivée depuis le niveau de la mer au Chili jusqu'à près de 4000 m d'altitude sur l'Altiplano boliviano-péruvien où la qualité du sol est pauvre et les conditions climatiques particulièrement difficiles. Cette large distribution géographique témoigne de la grande faculté d'adaptation de cette espèce qui a dû développer divers mécanismes de défense afin de résister à la sécheresse fréquente, au gel, à la grêle, au vent, au sel ; mais aussi aux différentes maladies, parasites et ravageurs s'attaquant aux cultures (**Herbillon, M 2015**).

I.12.1.Résistance à la sécheresse

Le quinoa est une plante hautement résistante à la sécheresse puisqu'elle tolère des températures élevées allant jusqu'à 35°C et présente de faibles besoins en eau (**Oelke et al. 1992**). Toutefois, la sécheresse a plusieurs conséquences sur la plante et l'effet ne sera pas le même selon l'intensité et la durée de l'épisode sec, mais aussi le stade de développement durant lequel elle se produit, le génotype de la plante ou le fait qu'elle ait déjà souffert de sécheresse à un stade précédent, ou encore les caractéristiques du sol et la tolérance de la plante au déficit hydrique (**Mujica et al. 2001**). La plante est capable de croître dans les régions où la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 200 à 400 mm (**Valencia-Chamorro, 2003**) ; et certains écotypes ont même montré qu'ils pouvaient atteindre la maturité dans des conditions d'irrigation équivalente à seulement 50 mm de précipitation par saison, ce qui est une irrigation extrêmement faible pour toutes les espèces de cultures (**Martínez et al., 2009**). Le quinoa a ainsi développé différents mécanismes de résistance au stress hydrique. (**Mujica et al., 2001**). Malgré ce-là, la sécheresse reste l'un des facteurs de baisse de rendement en graines, même si des sécheresses modérées en début de cycle peuvent avoir un effet positif d'endurcissement des plants (**Bosque et al. 2003**).

I.12.2.Résistance au froid

Il existe plusieurs cultivars de quinoa qui se sont adaptés aux basses températures (**Mujica et al. 2001**). L'effet du gel sur la plante diffère selon son intensité et sa durée, mais aussi selon les phases de développement où il se produit, l'humidité relative de l'air et le génotype. En effet, s'il est généralement admis que la température minimale limite de croissance pour le quinoa est de -5°C (**Bois et al. 2006**) ; certaines variétés toléreraient jusqu'à -18°C durant les premiers stades de croissance (**Catacora et Canahua, 1992**). Une

fois encore, le quinoa a mis en œuvre divers moyens pour survivre au gel, le principal consistant à éviter la formation de glace par surfusion modérée. En fait, le quinoa présente une teneur élevée en sucres solubles, ce qui peut provoquer une diminution du point de congélation, et donc contribue à abaisser la température létale du tissu des feuilles (**Jacobsen et al. 2007**). Il a alors été suggéré que le niveau de sucres solubles pourrait être utilisé comme un indicateur de la résistance au gel (**Jacobsen et al. 2005**).

I.12.3. Résistance à la salinité

La zone majeure de production du quinoa étant située entre les salars boliviens, certains sols ou eaux d'irrigation peuvent avoir des concentrations en sel non négligeables. D'après **Bosque et al. (2001 ; 2003)**, Les variétés du groupe "Salar" peuvent résister à des niveaux de salinité compris entre 8 et 15 mS/cm sans diminution de leur biomasse. **Jacobsen et al. (2000)** ont trouvé chez ces variétés un maintien du rendement jusqu'à une salinité de 25 mS/cm. Une diminution de rendement de 50% a été observé par le même auteur lorsque la salinité dépasse les 30 mS/cm. **Mujica et al. (2001)** parlent même d'une germination possible à 52 mS/cm, mais retardée de 25 jours. 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**). Cette plante est capable d'accumuler des ions salins dans ses tissus afin d'ajuster le potentiel hydrique des feuilles. Cela lui permet de maintenir la turgescence cellulaire et de limiter la transpiration dans des conditions salines, évitant ainsi les dommages physiologiques d'un épisode de sécheresse (**Herbillon, 2015**).

I.12.4. Résistance aux maladies, parasites et ravageurs

De toutes les maladies connues pour s'attaquer aux plants de quinoa, la plus dommageable est le mildiou, une maladie causée par un champignon appelé *Peronosporafarinososa*. Elle est caractérisée par la présence de lésions chlorotiques sur les surfaces supérieures des feuilles, avec un mycélium blanc ou pourpre sur les surfaces inférieures (**Valencia-Chamorro, 2003**).

Signalé dans tous les domaines de culture du quinoa, le mildio est considéré comme endémique dans les hauts plateaux andins et constitue une contrainte importante à la production du quinoa puisqu'il entraîne une baisse de rendement significative.

D'autres maladies fongiques ont été signalées de manière plus sporadique, avec par exemple la fonte des semis (*Rhizoctonia*), la fusariose (*Fusarium*), la pourriture des semences et la fonte des semis (*Sclerotium rolfsii*, *Pythium zingiberum*), les tâches foliaires (*Ascochyta hyalospora*) ou encore la pourriture brune de la tige (*Phoma exigua* var. *Foveata*) (**Danielsen et al., 2003**). Le kconakcona (*Scrobipalpus* sp.), petit insecte de l'ordre des

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

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

*Chapitre II: Les éléments
nutritifs*

II.1. Les éléments nutritifs

D'après (Wopereis et al. 2008) les plantes ont besoin de la radiation solaire (la lumière), de l'eau et des nutriments pour leur croissance. Ces nutriments se trouvent dans le sol ou proviennent de l'air ou de l'eau (la solution du sol). En général 18 éléments nutritifs sont essentiels pour une croissance normale et/ou un développement complet.

Il existe des nutriments majeurs (qui se trouvent dans au moins 0,1 % de la matière sèche de la plante) et des micro-éléments (qui se trouvent dans moins de 0,1 % de la matière sèche de la plante). Le nutriment majeur provenant de l'air est le carbone (C). L'hydrogène (H) provient de l'eau et l'oxygène (O) de l'eau et de l'air. Ces éléments C, H et O sont transformés par la photosynthèse (le moteur de la croissance de la plante) en hydrates de carbone pour la plante. Les nutriments majeurs provenant du sol sont les suivants :

Azote (N), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg), soufre (S)

II.1.1. Azote

L'azote est incontestablement l'élément nutritif le plus important en riziculture. Elle est absorbée en grande quantité par la plante, et agit sur la croissance, le développement, le rendement et la qualité du grain. Elle est présente dans le sol, mais souvent en quantité insuffisante.

L'azote est essentiel pour un développement normal de la plante. Sa carence induit un rabougrissement des plantes et un jaunissement uniforme des feuilles.

L'excès d'azote induit une plus grande sensibilité des plantes aux maladies et pour les variétés à paille haute, il peut conduire à la verse. À cause de sa mobilité importante, l'azote est facilement perdu pour la plante. Le lessivage avec les pluies ou par l'eau stagnante dans la parcelle peut amener l'azote plus en profondeur dans le sol, hors de la portée des racines. L'azote peut aussi se transformer en état gazeux (surtout sur des sols alcalins à un pH élevé) ou se fixer dans le sol (par une capture par des micro-organismes pour la décomposition de la matière organique).

II.1.2. Phosphore

Le phosphore est normalement appliqué comme engrais de fond pendant la préparation du sol. L'effet du phosphore après son application n'est pas visible comme celui de l'azote. Cependant, il est démontré que le phosphore joue un rôle important dans le processus physiologique de la plante.

Le phosphore stimule l'enracinement, équilibre le tallage, stimule la fécondation et raccourcit la maturation. Il stimule la reprise après un stress (attaque de rongeurs, froid etc.). La carence en phosphore peut limiter les rendements. Les symptômes d'une carence en

phosphore se manifestent par une coloration vert foncé des feuilles et une réduction du tallage. Le développement de la plante est retardé et très hétérogène. Dans la plupart des sols de bas-fonds le phosphore est souvent présent en quantité non négligeable.

II.1.3.Potassium

Comme le phosphore, l'application du potassium n'a pas d'effet visible immédiat. Cependant, son rôle de coordonnateur de l'activité biochimique du phosphore et de l'azote est connu. Le potassium joue un rôle important dans la synthèse, la transformation et le transport des hydrates de carbone vers les grains.

C'est pourquoi sa carence se ressent par un faible poids des grains. Le potassium joue également un rôle important dans la résistance à un certain nombre de stress dont la sécheresse, les insectes et maladies. Les symptômes d'une carence en potassium se manifestent par une coloration vert foncé des feuilles et un jaunissement des bordures des feuilles avec des petites taches brunes. Les symptômes apparaissent d'abord sur les vieilles feuilles et progressent de la bordure de la feuille vers le centre. La coloration des vieilles feuilles change du jaune vers le brun, les bordures et le bout de la feuille deviennent secs.

II.2.Que ce qu'un NPK (15 .15.15) ?

Cet engrais est particulièrement adapté à une fertilisation équilibrée pour les légumes et les arbres fruitiers. Sa composition permet un apport identique des éléments Azote, Phosphore et Potasse. Il va apporter simultanément :

- De l'azote ammoniacal pour une alimentation progressive et une croissance régulière,
- Du phosphore pour un meilleur enracinement et une meilleure floraison,
- De la potasse pour une plus grande résistance à la sécheresse.

II .2.1. Périodes d'utilisation

Tableau (03) : périodes d'utilisation de NPK 15.15.15

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

II .2.2. Composition

Engrais NPK de mélange (SO₃) (SO₃) 15-15-15 (20)

15 % d'azote (N) total :

1 % d'azote nitrique

14 % d'azote ammoniacal

15 % d'anhydride phosphorique (P₂O₅) : soluble dans le citrate d'ammonium neutre et dans l'eau

12.75 % d'anhydride phosphorique (P₂O₅) soluble dans l'eau

15 % d'oxyde de potassium (K₂O) : soluble dans l'eau

20 % d'anhydride sulfurique (SO₃) soluble dans l'eau

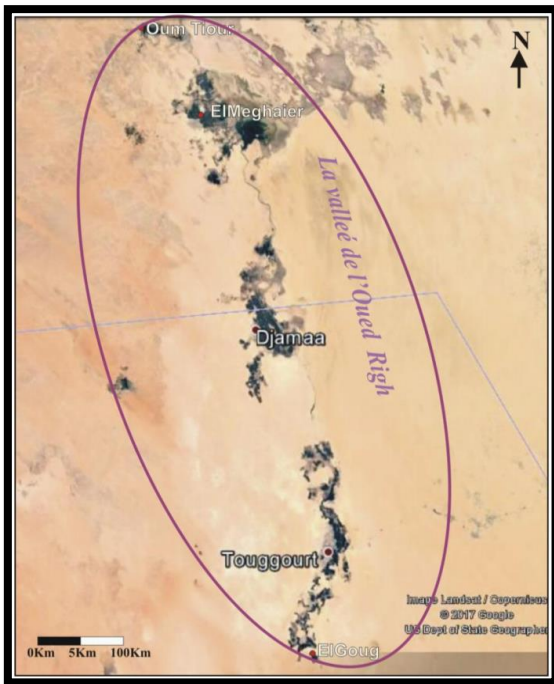
***Chapitre III : Matériel et
méthodes (Etude
expérimentale)***

III.1. Présentation de la région d'étude

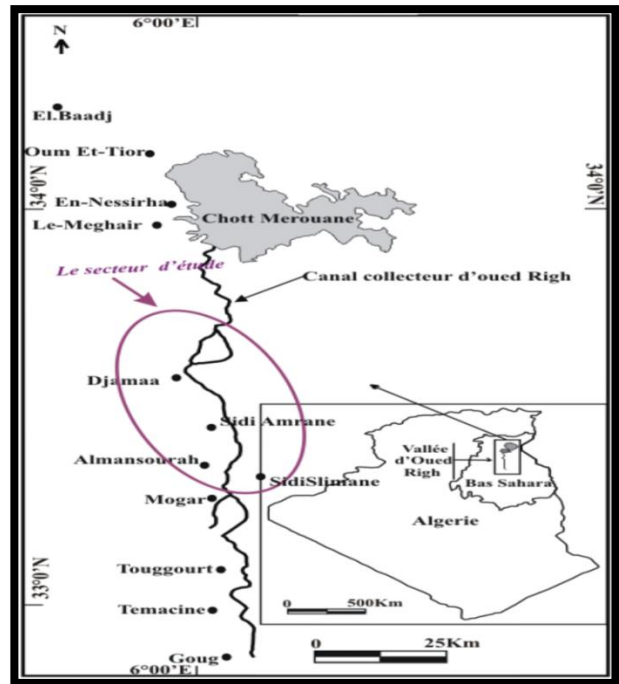
La réalisation de ce travail a été faite dans la région de Djamaa (ITDAS), qui consiste à une étude de quelques paramètres d'adaptation de quinoa V2 (*Amarilla sacaca*) à différentes concentrations de fertilisations NPK,

III.1.1. Situation géographique de la région d'étude

L'ITDAS est une station d'expérimentation agricole situé dans la région de Djamaa Sud-est de l'Algérie, à une distance de 600km d'Alger, de 120km de sa wilaya (El-Oued), de 170km au Sud de la wilaya de Biskra et de 50km de la Daira de Touggourt. Elle couvre une superficie de 780km², cette région se trouve à une altitude de 51m. Les extrémités sont représentées à l'Ouest par la commune de Marrara, au Nord par la commune de Tendla, à l'Est par la commune de Rigueba et au Sud la commune de Sidi-Amrane (**Ahmidatou I., 2012**).



Figure(03): situation géographique de la vallée D'Oued Righ (**Google Earth 2017**)



Figure(04):situation géographique de région d'étude

III.1.2. Situation géographique de la station d'étude (ITDAS d'El-Arfiane)

La station d'ITDAS d'El-Arfiane est une exploitation coloniale qui a été créé en 1918, située au centre de la vallée de l'Oued Righ, Daira de Djamaa, Wilaya d'El Oued, sur altitude de plus de 25 m, une longitude de 6° Est et une latitude de 33° 37' Nord, cette station couvre une superficie de 16ha, elle comporte un forage avec un débit total de 25 l/s. Le milieu est caractérisé par un climat aride avec nature de du sol généralement sableux (**Bendaoud, 2012**).

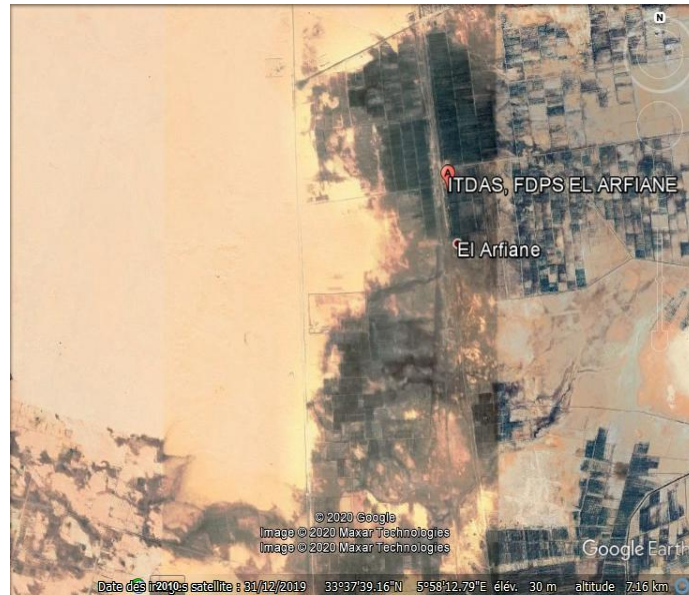


Figure (05): Présentation station de l'étude ITDAS d'El-Arfiane (google earth 2020).

III.2. Caractéristiques climatiques de la région d'étude selon (Bouaichi N ; Ben Abdallah Y 2019).

En général, la vallée d'Oued Righ est caractérisée par un climat sec et aride, accusant un écart de températures important diurne et nocturne et entre saisons.

III.2.1. Température

La région de l'Oued Righ est caractérisée par des températures très élevées, la température moyenne annuelle est de 22.8°C, avec 34.5°C en juillet pour le mois le plus chaud et 11.6°C en Janvier pour le mois le plus froid, avec des extrêmes de $T_M=42.2^\circ\text{C}$ en juillet et en $T_m=5.4^\circ\text{C}$ en Déc.

Tableau (04) : Températures moyennes interannuelle en (°C), Période (2008-2017). (O.N.M)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyennement
T. min (C°)	5,6	6,3	10,04	14,6	19,1	23,7	26,9	26,3	22,7	16,7	9,9	5,4	15,5
T. max (C°)	18,2	19,9	24,4	29,3	33,7	35	42,2	41,1	36,2	30,4	23,3	1,5	27,6
T. moy (C°)	11,6	13,1	17,09	21,9	28,8	31,1	34,5	33,7	29,4	23,6	16,6	11,9	22,8

III.2.2. Précipitations

Dans notre région d'étude, les précipitations sont très rare et irrégulières à travers les saisons et les années, elle reçoit un cumule annuelle de l'ordre de 66.44mm, La précipitation est marquée par une sécheresse presque absolue au mois de Juillet de l'ordre 0.05mm et le maximum en Janvier avec 11.49mm.

Tableau(05) : Précipitations moyennes interannuelle en (mm), Période (2008 2017). (O.N.M)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moye
précipitation (mm)	11,49	5,01	6,79	9,66	1,8	0,47	0,05	1,2	6,02	3,75	6,35	3,41	4,35

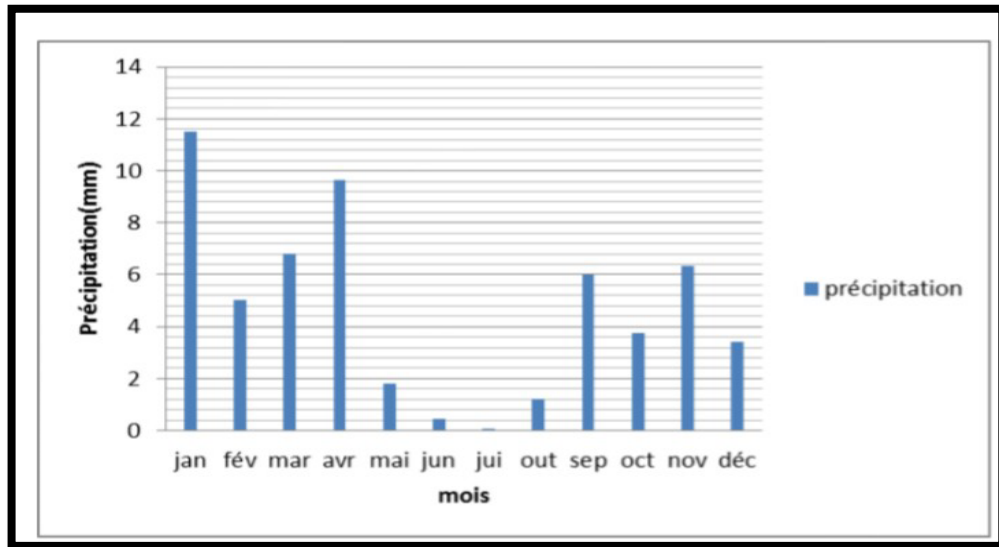


Figure (06) : Répartition des pluies moyennes interannuelles (mm)

III.2.3. Evaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'aire et l'agitation de cet air. Dans le Sahara algérien l'eau évaporée annuellement serait de 3 à 5 mètres environ suivant les localités, c'est-à-dire une valeur infiniment plus forte que la quantité d'eau qui tombe sur le sol lors des pluies. Dans la région de l'Oued Righ l'évaporation est très importante, le maximum est de l'ordre de 331.1mm enregistré au mois de juillet et le minimum est marqué au mois de janvier avec 90.7mm. La moyenne annuelle de l'ordre de 232,9 mm.

Tableau (06) : Evaporation moyennes interannuelles (mm) Période (2008-2017). (O.N.M)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Eva (mm)	90,7	117,83	157,3	202,3	241,3	289,2	331,1	292,6	222,9	169,8	122,9	82,3	232,9

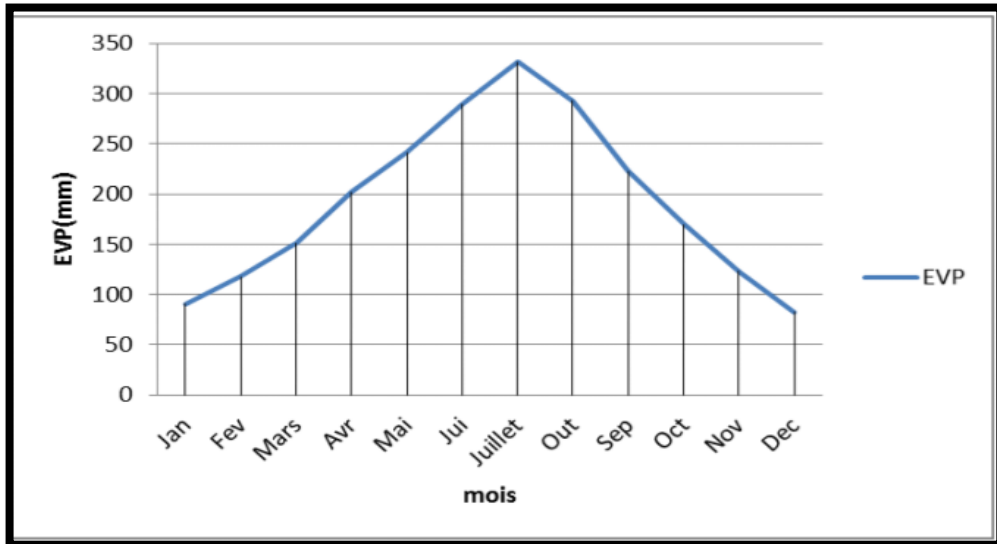


Figure (07) : Répartition évaporation moyennes interannuelle du vent (mm)

III.2.4.L'humidité relative de l'air

Les valeurs de l'humidité relative de la région d'étude sont relativement homogènes. Les moyennes mensuelles varient entre 27.3% et 67.6%, sachant que la moyenne annuelle est de l'ordre de 47.5%. Juillet est le mois le plus sec et décembre est le mois le plus humide

Tableau (07) : Humidité moyenne interannuelle(%) Période (2008-2017). (O.N.M)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
H. min (%)	38,7	30,5	27	23,4	21,9	19,6	17,1	19,7	26,7	29,5	34,3	39,9	27,3
H. max (%)	81,7	75,9	71,9	66,6	59,3	53,2	48,9	53,4	65,7	71,3	79	84,8	67,6
H. moy (%)	60,2	53,2	49,4	45	40,6	36,4	33,6	36,5	46,2	50,4	56,6	62,3	47,5

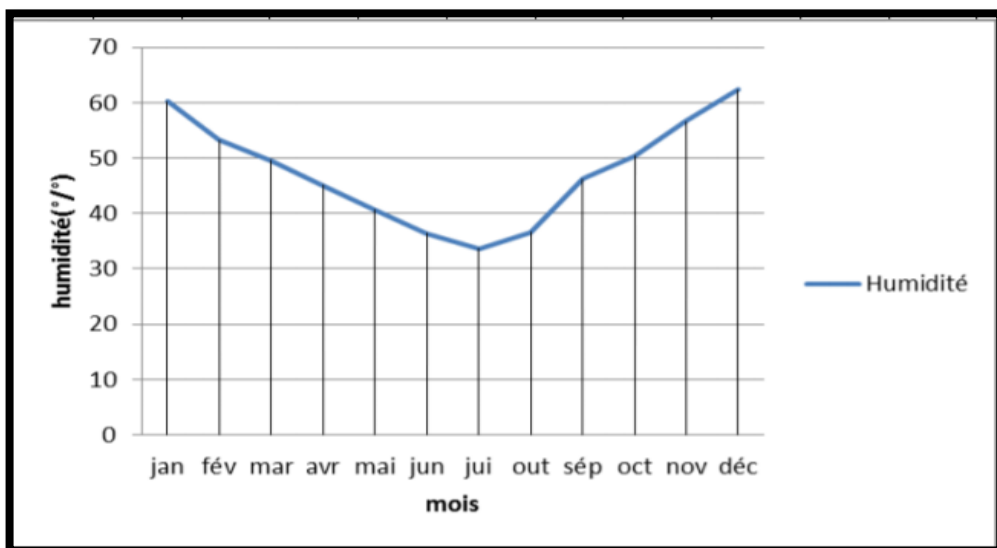


Figure (08) : Répartition de l'humidité moyenne interannuelle (%)

III.2.5. Durée de l'insolation

L'insolation est la durée d'apparition du soleil .Elle varie en fonction de l'altitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires. La vallée de L'Oued Right reçoit une durée d'ensoleillement relativement très forte, le maximum est atteint au mois de juillet avec une durée de 362 heures et le minimum au mois de décembre avec une durée de 235 heures.

Tableau(08) : Durée d'insolation moyenne interannuelle en (h), (O.N.M)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
durée d'ins(h)	256	239	274	286	321	322	362	340	276	267	252,2	235	286

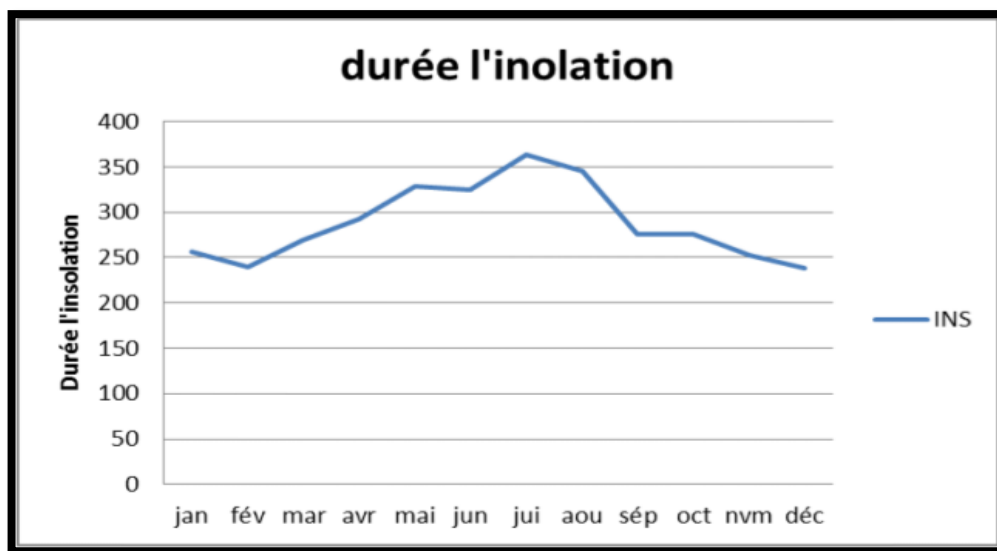


Figure (09) : Répartition de la durée d'insolation moyenne interannuelle(h)

III.2.6. Le vent

D'après(O.N.M) pour la période (2008-2017), les vents sont fréquents sur toute l'année, avec une moyenne annuelle de 9.14m/s. Le maximum de vitesse du vent annuelle est enregistré au mois de mai avec une valeur de 10.71 m/s et le minimum en mois décembre avec 7.26 m/s. ces vents soufflent suivant des directions différentes.

Tableau (09) : Vitesses du vent moyen interannuel en (m/s), Période (2008-2017). (O.N.M)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moyen
vents (m/s)	8,39	9,39	9,98	10,71	10,48	9,73	9,29	9,11	9,26	7,99	8,13	7,26	9,14

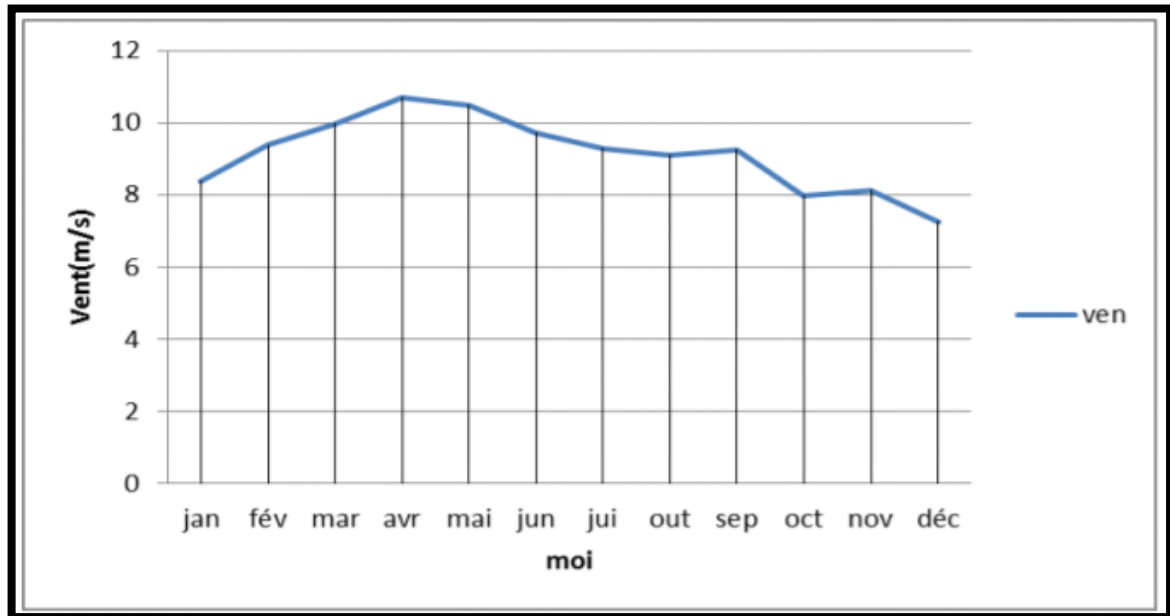


Figure (10) : Répartition des vitesses des vents moyens interannuels du vent (m/s)

III.2.7. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER permet le classement des différents types de climat. En d'autres termes, il permet de positionner une région donnée dans l'un des étages bioclimatiques, en se basant sur les températures et les précipitations de cette dernière (DAJOZ, 1971). STEWART (1969) a modifié le quotient pluviométrique d'EMBERGER de la manière suivante :

$$Q3 = (3,43 \times P) / (M - m)$$

Q3 : Quotient pluviométrique d'EMBERGER ;

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm ;

M : Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud en °C ;

m : Températures moyenne des minimas du mois le plus froid en °C.

Le calcul à l'aide de la formule décrite ci-dessus de Q3 donne une valeur égale à 6,2, avec une $m = 4,9^{\circ} \text{C}$. De ce fait, ces dernières valeurs permettent de classer la région d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux.

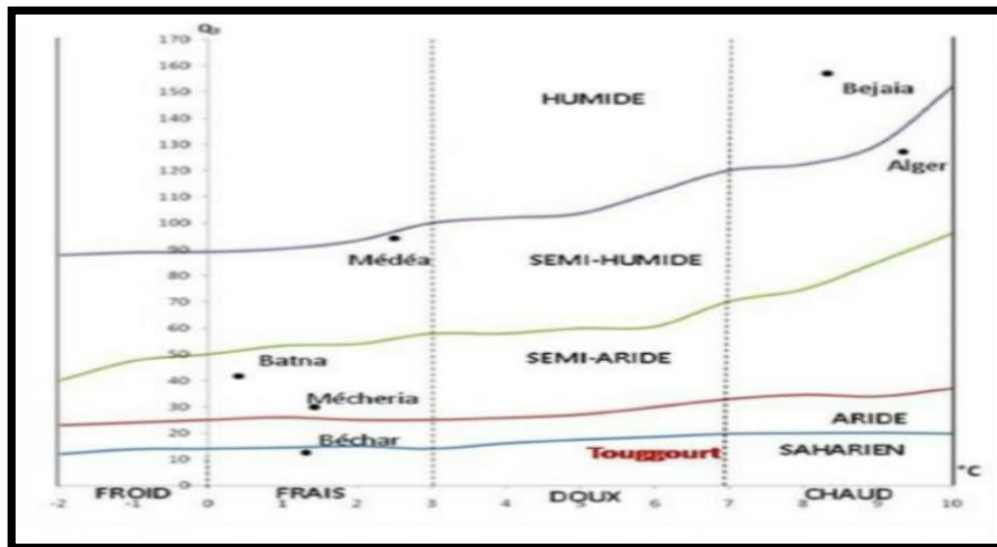


Figure (11) : Position de la région de Touggourt dans le Climagramme d'EMBERGER (2008/2017)

III.2.8. Le Diagramme Ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la température est double de la pluviosité.

Dans notre cas la courbe des pluies passe au-dessous de la courbe des températures, sauf le mois de janvier où la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures. Cette allure permet de constater que la période sèche s'étale le long de l'année avec une intense sécheresse au mois de juin à septembre sauf le mois de janvier où les précipitations dépassent les températures.

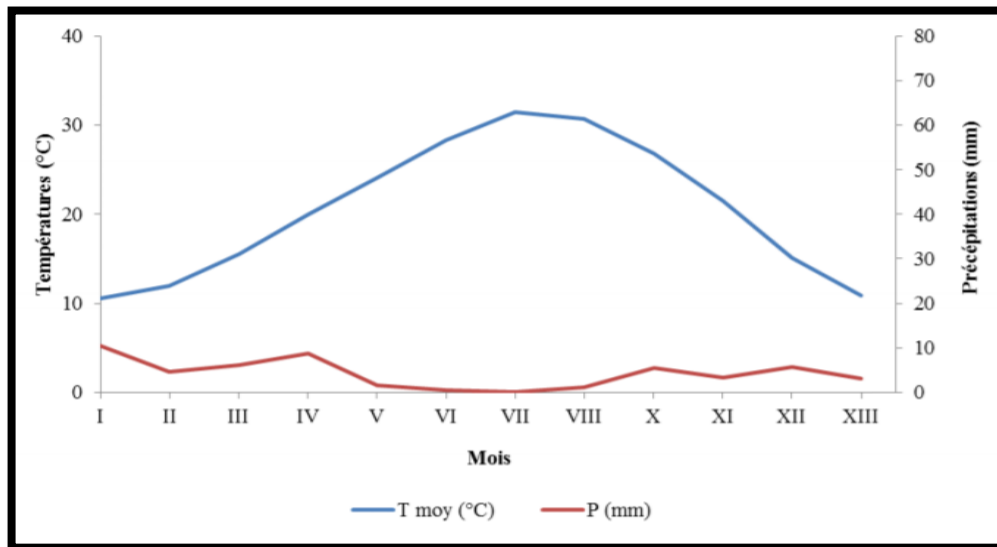


Figure (12) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Touggourt (2008/2017)

III.3. Matériel d'étude

III.3.1. Matériels végétales

Le matériel végétal utilisé est constitué des variétés de semences quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) (*Amarilla sacaca*), ces variétés a été fournies par le centre expérimentale l'ITDAS d' Arfiane djamaa wilaya d'El Oued.



Photo (07) : Semences de quinoa v₂ : (*Amarilla sacaca*)

III.4. Méthodes d'étude

III.4.1. Protocole expérimental

III.4.1.1. Dispositif expérimental

La partie expérimentale a été réalisée au niveau de la Ferme de Démonstration et de Production de Semence (F.D.P.S). Le dispositif expérimental contient trois blocs (3 répétitions de : dose 01 ; dose 02 ; dose 03 ; fertilisation organique ; témoin). L'essai englobe au total 15 parcelles élémentaires. La superficie de chaque parcelle élémentaire est de (3m x 1.5 m = 4.5 m²) avec les détails suivants :

- L'espacement entre la limite gauche de la parcelle et le premier poquet est de 12.5 cm
- L'espacement entre la limite droite de la parcelle et le dernier poquet est de 12.5 cm
- L'espacement entre deux poquets dans la même ligne est de 25 cm
- L'espacement entre deux lignes est de 60 cm
- Le nombre de poquets par ligne est de 12 poquets
- L'espacement entre deux parcelles est 50 cm



Photo (08) : Dispositif expérimental

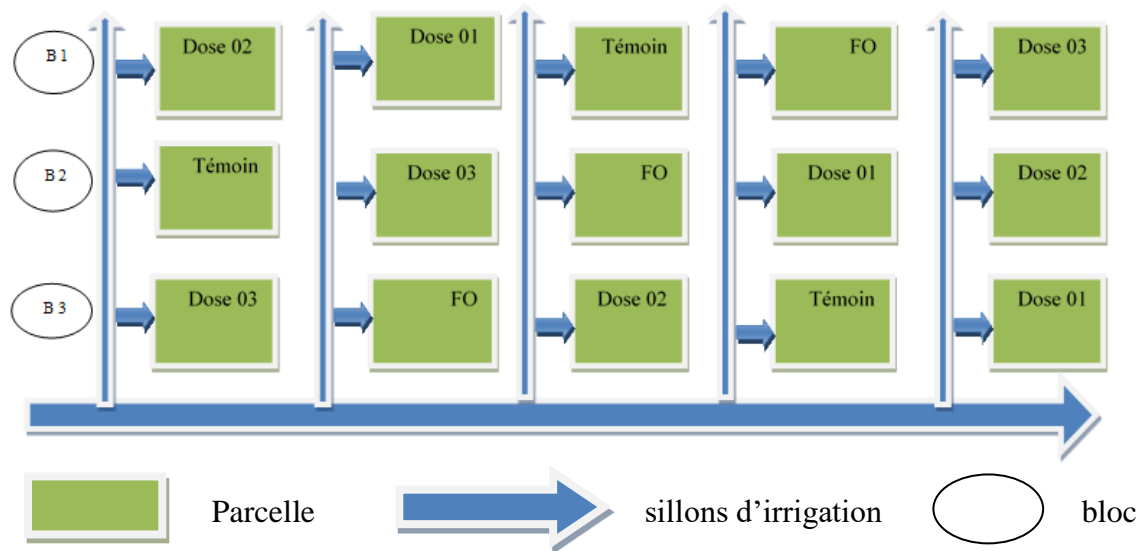


Figure (13) : Schéma du dispositif expérimentale

III.4.2. Déroulement de l'essai

III.4.2.1. Préparation de sol

Le sol est labouré superficiellement. La fertilisation se fait par l'ajout des trois doses différentes de (NPK 15 15 15. Dose 01 : 100g / m², dose 02 : 275 g / m², dose 03 : 600 g / m² et de fertilisation organiques (matières organiques) puis on a fait l'homogénéiser le fertilisant avec le sol. Les besoins de quinoa en fertilisation NPK :

L'Azote : est apporté à la dose de 92 Unité (kg) /ha

Le Phosphore : est apporté à la dose de 92 Unité (kg) /ha

Le Potassium : est apporté à la dose de 50 Unité (kg) / ha

Nous s'avons utilisé qu'un seule type d'engrais qui est le NPK 15 15 15 donc nous prendrons la valeur la plus élevée 92 unité d'azote donc la valeur minimale de 50 unité de potassium est trouvée implicitement

En conséquence, le calcul est comme suite :

$$\begin{array}{lcl}
 100 \text{ kg (npk)} & \longrightarrow & 15 \text{ kg (azotes)} \\
 X & \longrightarrow & 92 \text{ kg (U) azotes} \\
 X = 100 \times 92 / 15 & \longrightarrow & 613 \text{ kg}
 \end{array}$$

Pour disperser 92 unités d'azote par hectare, il faut ajouter 613kg d'engrais de NPK 15 15 15

$$\begin{array}{lcl}
 613 \text{ kg (npk)} & \longrightarrow & 01 \text{ hectare (10000m}^2\text{)} \\
 X & \longrightarrow & \text{Parcelle (m}^2\text{)} \\
 X = 613 \times 4.5 / 10000 & \longrightarrow & 0.275 \text{ kg donc (275 gramme /parcelle)}
 \end{array}$$

On a calculé le besoin de quinoa en NPK sur hectare puis en parcelle m^2 qui est 275g /parcelle On a choisi les deux autres doses 01 et 03 housard l'un moins de dose demandé par la plantes (100g /P) et l'autre plus de dose essentiel (600g/p) pour but de voire le rendement le plus grandes

III.4.2.2. Test de germination

La détermination du pourcentage de graines susceptibles de germer est réalisée par l'imbibition de 100 graines dans l'eau en conditions normales, pendant 24 à 48 heures.

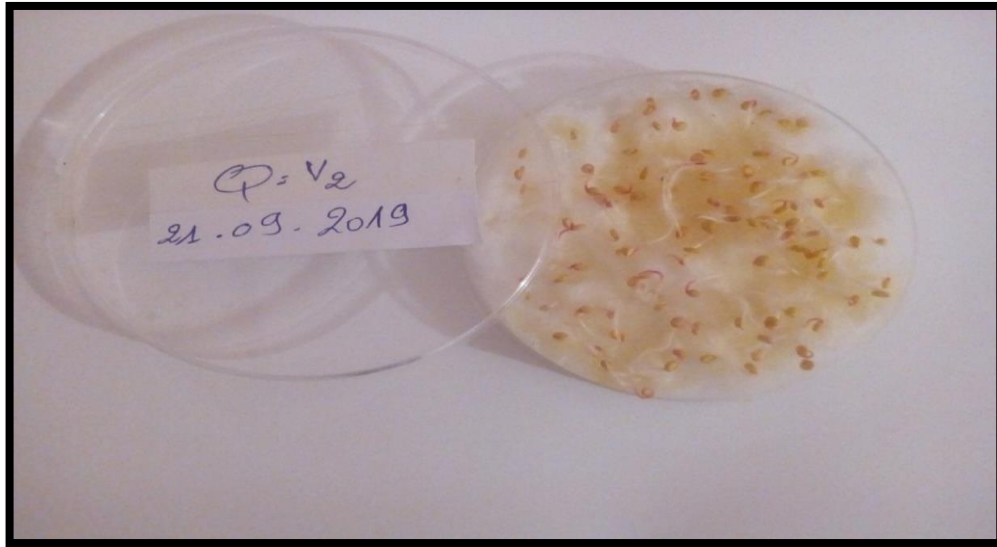


Photo (09) : Test de germination (Benyaya R et Bouhanna A .2020)

III.4.2.3. Semis

Le semis a été réalisé manuellement le 17 Octobre 2019 en poquet avec quatre à cinq graines par poquet. La profondeur de semis est de 1 à 2 cm .Les graines ont été placées dans des lignes.

III.4.2.4. Fertilisation

III.4.2.4.1. Fumure de fond

Au moment du labour deux éléments fertilisants ont été apportés :

- Fertilisation minérale NPK 15 15 15 : trois répétitions de chaque dose

Dose 01 : 100g/ m^2

Dose 02 : 275g/ m^2

Dose 03 : 600g / m^2

- Fertilisation organique : dans des trois parcelles choisir housard.

III.4.2.4.2. Fertilisation azotée (Urée 46%)

La dose totale à apporter durant le cycle végétatif de la culture est de 150 U/ha d'azote (67.5g/m²). Cette dose a été fractionnée sur 03 apports toute en évitant le stade de floraison.

Tableau (10) : Dates des apports azotés

APPORT	DATE
1 ^{er} <i>apport</i>	12/11/2019
2 ^{ème} <i>apport</i>	22/12/2019
3 ^{ème} <i>apport</i>	02/02/2020

III.4.2.5. Irrigation

Le système d'irrigation adopté est la submersion de type traditionnel accompagnée par l'arrosage submergé, L'irrigation a été effectuée suivant le planning mentionné dans le tableau 11

Tableau (11) : Irrigation des plants de quinoa au cours de l'essai

Apport	Date	Moyenne
Pré-irrigation	15/10/2019	Submersion
Au moment de semi	17/10/2019	Arrosoir
1 ^{er}	20/10/2019	Arrosoir
2 ^{ème}	24/10/2019	Arrosoir
3 ^{ème}	27/10/2019	Submersion
4 ^{ème}	05/11/2019	Submersion
5 ^{ème}	12/11/2019	Submersion
6 ^{ème}	19/11/2019	Submersion
7 ^{ème}	26/11/2019	Submersion
8 ^{ème}	03/12/2019	Submersion
9 ^{ème}	10/12/2019	Submersion
10 ^{ème}	17/12/2019	Submersion
11 ^{ème}	22/12/2019	Submersion
12 ^{ème}	13/12/2019	Submersion
13 ^{ème}	07/01/2020	Submersion
14 ^{ème}	14/01/2020	Submersion
15 ^{ème}	21/01/2020	Submersion
16 ^{ème}	28/01/2020	Submersion
17 ^{ème}	02/02/2020	Submersion
18 ^{ème}	10/02/2020	Submersion
19 ^{ème}	20/02/2020	Submersion
20 ^{ème}	27/02/2020	Submersion
21 ^{ème}	07/03/2020	Submersion
22 ^{ème}	14/03/2020	Submersion
23	19/03/2020	Submersion
24	26/03/2020	Submersion
25	02/04/2020	Submersion
26	06/04/2020	Submersion
27	11/04/2020	Submersion

III.4.2.6. Désherbage

Le désherbage a été réalisé manuellement à raison d'une fois par semaine.

III.5. Etude des paramètres de développement de quinoa sous les différentes doses de fertilisation de NPK

Les mesures ont été réalisées sur trois échantillons de dix plants au niveau de chaque parcelle élémentaire, par la suite en calcul la moyenne pour chacune des paramètres suivants.

III.5.1. Taux des plantes levés par parcelle :

On a compté les plantes levées par parcelle afin de déterminer le taux de germination.

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{nombre des grains germés} \times 100}{\text{nombre des grains testés}}$$

III.5.2. Hauteur des plantes au stade panicule :

Au niveau de chaque parcelle, on a calculé le moyen de dix plantes

III.5.3. Nombre de ramifications herbacées par plante :

Pour chaque parcelle élémentaire, on a compté le moyen dix plantes.

III.5.4. Nombre des ramifications panicule/ plant :

Au niveau de chaque parcelle, on choisit dix plants ont compté le moyen de ramifications panicule.

III.5.5. Poids de la panicule principale :

En ce qui concerne le poids de panicule a été calculée par la pesé moyenne au niveau de chaque parcelle de dix plantes.

III.6. Maladies et ravageurs

Durant le cycle de développement, on a noté tous les problèmes rencontrés sur la parcelle de l'essai quel que soit les maladies et les espèces ravageurs.

III.7. Méthodes d'analyse du sol

L'échantillon de sol pour l'analyse se prendre à profonde 20cm, Le moment de prélèvement est le matin de jour de février et les analyses de sol a été effectué dans laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité et de la conformité.

III.7.1.pH

Le PH a été mesuré par un conductimètre sur l'extrait de sol (1/5) sol eaux (Soltener, 2005).

III.7.2. Conductivité électrique (CE e.1 :5)

La C.E (25°C) du sol a été mesurée par un conductimètre, l'extrait du sol d'un rapport 1/5 de sol /eau (Mathieu et Pieltain, 2009).

III.7.3. La dureté calcique (CaCO_3)

La dureté d'une l'eau dépend de la qualité de sels de calcium et de magnésium qu'elle contient, au la somme des ions calcium et magnésium, et il s'exprime normalement en équivalent de carbonate de calcium (CaCO_3)

III.7.4. calcium

Le calcium joue un rôle déterminant sur les fertilités physique (stabilité des structures du sol, sensibilité à la battance, échanges gazeux et hydriques) chimiques (désalinisation) et biologiques (activité de la biomasse microbienne) du sol.

Le calcium est un élément nutritif pour les plantes, il est naturellement présent en très grande quantité dans les sols

III.7.5.potassium

Est l'un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux, il joue un rôle multiple dans la plante : échange ionique dans la cellule, activation de la photosynthèse, synthèse des protéines.

C'est un élément peu présent à l'état naturel dans nos sols, à l'exception de certains sols calcaires ou argileux.

III.7.6.sodium

Est un élément secondaire dont la teneur naturelle dans nos sols est faible, mais toujours suffisante pour les besoins des cultures

III.8. L'eau d'irrigation

L'eau utilisée pour l'irrigation est pompée à partir d'un forage (la nappe complexe terminal)

La nappe complexe terminale

Les nappes du Complexe Terminal sont empilées en système compliqué et diversifiées, elles s'écoulent du Sud vers le Nord. (Chemala, O.2006)

III.9. Méthodes de traitement des données (Analyse statistique)

Les résultats recueillis on subit une analyse de variance à l'aide du logiciel EXCEL.

***CHAPITRE IV : Résultats et
Discussion***

IV.1. Les résultats des analyses chimiques du sol

IV.1.1. Variation de taux de PH ; Conductivité électrique et salinité de solution de sol en fonction des doses :

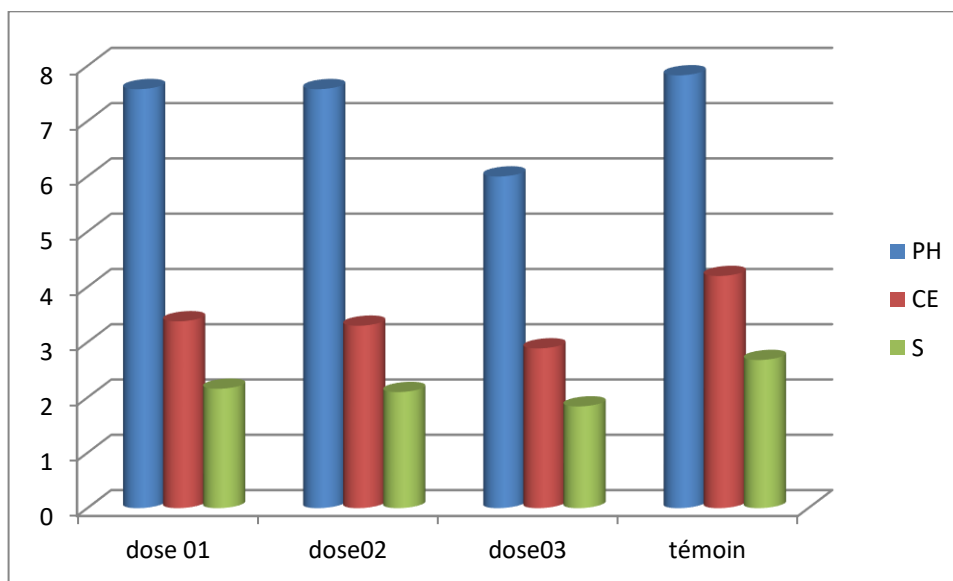


Figure (14) : Variation de taux de PH ; Conductivité électrique et salinité de solution de sol en fonction des doses de NPK 15 15 15.

➤ Le PH :

D'après (Rodier J., 2009). Le pH est un paramètre qui sert à définir l'acidité et la basicité d'une solution (eau), ses valeurs sont liées à la concentration en ions (H^+) contenue dans l'eau et à la nature des terrains traversés.

Le pH du sol est la mesure de l'activité molaire des ions hydrogène dans la solution du sol. Et qui influe sur la croissance des plantes.

Certaines plantes préfèrent un sol acide ($pH < 7$), d'autres un sol neutre ($pH = 7$), d'autres encore un sol basique - ou alcalin ($pH > 7$).

La mesure du pH du sol est une question vitale et importante pour les agriculteurs pour plusieurs raisons - en plus du fait que de nombreux types de plantes et l'âge des sols préfèrent des conditions alcalines ou acides - les plus importants d'entre eux : il existe certaines maladies et ravageurs qui ont tendance à se multiplier lorsque le sol est alcalin ou acide, ainsi Le pH peut influencer le processus de fourniture des éléments nécessaires à la croissance des plantes dans le sol.

Le but d'essayer de contrôler l'acidité du sol ne signifie pas grand-chose pour l'atteindre au degré d'équilibre ou d'équilibre mais vise plutôt à restaurer les substances ou nutriments.

La **Figure (14)** ci-dessus dit que la valeur de PH est élevée dans le sol témoin par rapport au sol auquel des engrais minéraux (NPK 15 15 15) sont ajoutés, et le volume de PH

est diminué progressivement avec les dose de 03 à 01 cela est dû au fait que l'azote est réduit le PH de sol nous avons enregistré un valeur de PH de 7.83 pour le témoin et avec une valeurs de PH de 7.58 pour le dose (01) et dose (02), par ailleurs on a noté le dose (03) avec d'une valeur de 6

➤ **Salinité du sol :**

D'après (Mauromicale G., Licandro P., 2002) Les sels agissent sur la germination des graines en réduisant leur faculté et/ou leur énergie germinative. L'étude de la germination, sous contrainte saline, est révélatrice d'un potentiel génétique de tolérance des espèces et des variétés, au moins à ce stade physiologique.

Et selon (Patridge T., Wilson JB., 1987) La réaction des plantes à la salinité est très différente selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination ou à celle du développement. La germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés.

Comme on remarque dans la **Figure (14)** que la salinité la plus élevée a été enregistrée par le sol témoin avec de (2,68g/l) suivie par la dose 01 : (2,16g/l), puis dose 02(2,1g/l) et enfin la dose 03 qui s'est classée en dernière position avec de valeur de (1,84g/l).

➤ **Conductivité électrique :**

Selon (Rodier J., 2009). La conductivité électrique augmente lorsque la teneur en sels dissous augmente "forte minéralisation", et cela est dû à la présence excessive de cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} et K^{+}) et d'anions (HCO_3^{-} , CO_3^{--}) et permet l'estimation de la minéralisation. La concentration totale des sels dissous est généralement exprimée dans la conductivité électrique de l'extrait aqueux du sol et indiquée par CE et ses unités en mm / cm. Plus la valeur de la CE est faible, plus sa salinité est faible et plus sa pertinence est grande

D'après **Figure (14)** la variabilité de conductivité électrique et de salinité dans le solution de sol coïncident avec les doses de NPK 15 15 15 d'une façon directement proportionnelle ; nous remarquons que le fortes conductivités électrique est enregistrée par le témoin avec de 4.2 mm / cm, Alor que les autres doses (Dose 1 : 100g / m², Dose 2 : 275g / m², Dose 3 : 600g / m²) sont enregistrées les valeurs suivants : (3.38 mm / cm) ;(3.3 mm / cm) ;(2.89 mm / cm).

Finalemnt ; enfin et de réduire la haute salinité et PH et conductivité de sol ,il faut enrichi cette dernier aux matières organiques et minérales nécessaires pour assurer une meilleure croissance des plantes parce que en remarque illustre de **Figure (14)** que le PH ,CE et salinité augmentent de forts doses à faibles doses

IV.1.2. Variation d'éléments minéraux en solution de sol en fonction des doses :

Nous savons que les substances minérales nutritives sont présentes dans le sol à l'état normal, mais en quantités différentes et variant selon le type de sol.

La forte acidité et salinité du sol et de l'eau d'arrosage rend cette dernière inutilisable par la plante. et l'approvisionnement du sol en azote, potassium et calcium contribue à réduire le PH de sol et donc les nutriments deviennent utilisables par la plante ; et sa concentration va augmenter dans les végétaux et diminue dans le sol, c'est exactement ce que dit la

Figure(15)

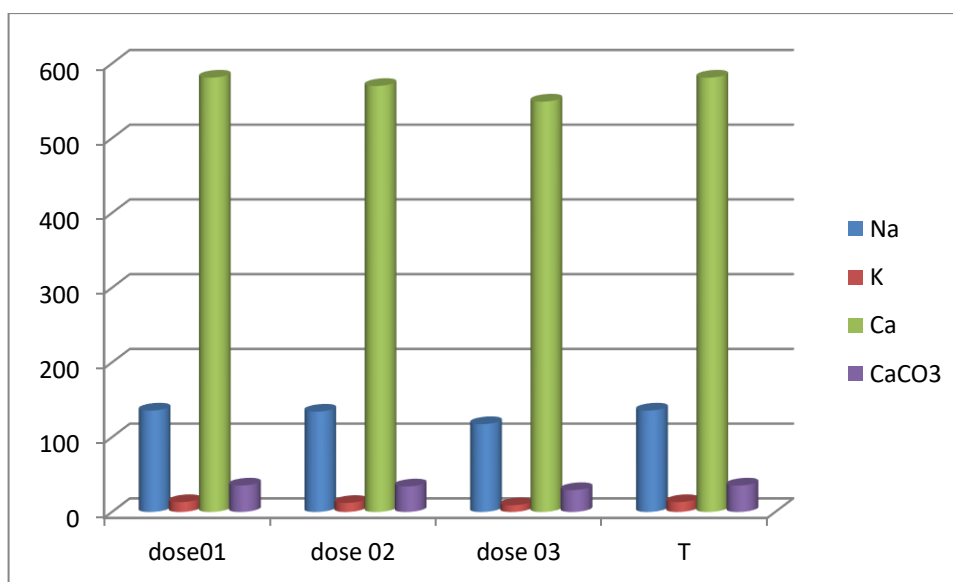


Figure (15) : Variation des éléments minéraux en solution de sol en fonction des doses

➤ azote :

Selon la **Figure (15)** ; L'azote varie de dose à l'autre, il existe sous plusieurs formes et joue un rôle déterminant dans la croissance végétative des plantes. La partie la plus importante de l'azote du sol se trouve à l'état organique. Cette forme n'est pas absorbée directement par les racines des plantes et elle doit être transformée en azote minéral (nitrique ou ammoniacal) pour être disponible. Par exemple dans la dose 01 la valeur de l'azote est de 135.72 mg/l, Alors que la dose deux est de valeur de 134.54 par ce que le sol très sel et le plante ne pas potentialisent a l'absorption d'azote. Par contre la dose 03 qui il dominant le taux d'azote de 117.56mg/l et dans le témoin inscrire 135.72mg/l.

➤ potassium :

La valeur est variés d'une dose a l'autre par un exemple dans la permis dose et le témoin même valeur de 13.22 mg/let dans la deuxième dose 12.12 mg/mais la valeur de potasse dans la dose 03 réduire de valeur 8.9mg/l acception sur la concentration excédentaire

créer de la plante accroissement et par ce que l'élément de potasse favorise la synthèse des glucides et acides aminés. .

Il intervient aussi dans l'élaboration des protéines et le transport actif des sucres à partir des feuilles vers les organes de réserve notamment les fruits.

➤ **Calcium :**

La valeur est varié essentiellement suivant la nature des terrains traversés, l'observation de résultats remarquées dans le **Figure (15)** montrent clairement que la concentration de calcium a exercé une augmentation de ce contenu chez le deux dose (01 et 02) et le témoin avec de la valeur de 581.16 mg/l, 570 mg/l, 581.16 mg/l, par rapport aux dose 03 respectivement qui réduire avec valeur de 549,1 mg/l montrent clairement exister différences significatives.

➤ **Bicarbonate calcium :**

D'après la **Figure (15)** en remarque que le CaCO_3 est variée d'une dose à l'autre comme suite : **dose 01** est de valeur de 35,38(mg /l) Alor que la valeur de **dose 02** est égale 34,16 (mg /l) par ailleurs **dose 03** est 29,28 (mg /l) en fin le **témoin** est 35,38(mg /l)

IV.1.3. Résultat d'analyse l'eau d'irrigation :

La salinité des eaux souterraines constitue l'un des grands problèmes, vu son effet sur la détérioration de la qualité des eaux et l'abaissement des rendements agricoles. Elle est souvent liée à la nature des formations géologiques, aux faibles précipitations météoriques et à l'effet de l'évaporation (**Zeddouri A et al, 2010**).

Le résultat des analyses obtenues montrent que le PH est très élevé à une valeur de 7.87 avec une conductivité électrique de 12.7dS/cm et une salinité de 8.12 (g/l).

Tableau (12) : Résultat d'analyse l'eau d'irrigation

	PH	CE (dS/m /)	S
L'eau d'irrigation	7.87	12.7	8.12

A partir sa en concluons que la salinité de l'eau d'irrigation affecte la fertilité du sol et la productivité des plantes, où nous trouvons ce qui suit :

- *La salinité de l'eau d'irrigation affecte la fertilité du sol en accumulant des sels dissous à la surface du sol et dans la zone racinaire, selon le type de sol.
- *L'utilisation d'eau salée pour l'irrigation, en particulier dans les terres boueuses, conduit à la démolition de la construction du sol, ce qui le rend moins perméable et non ventilé.
- *La salinité de l'eau d'irrigation affecte la productivité des plantes car les cultures agricoles diffèrent par leur sensibilité aux sels dissous dans l'eau d'irrigation.

IV.2. Paramètres liés à de développement de quinoa sous différents doses de fertilisation de NPK 15 15 15

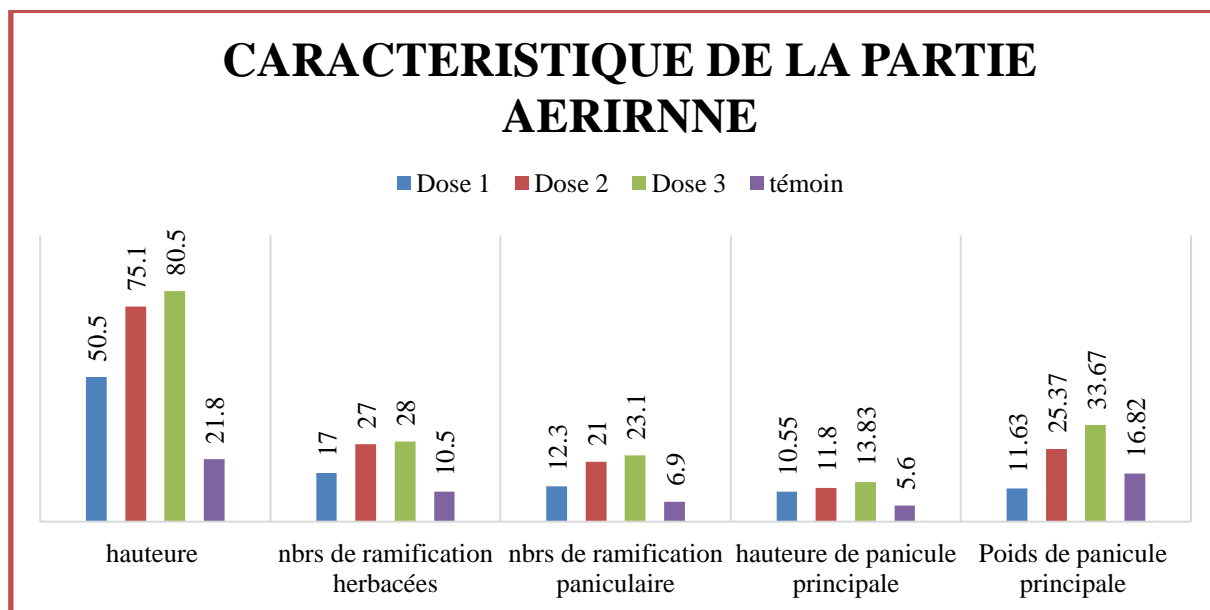


Figure (16) : Caractéristiques de la partie aérienne du plante en fonction des doses **Témoin :** 0g / 4.5 m², **Dose 1 :** 100g / 4.5 m², **Dose 2 :** 275g / 4.5 m², **Dose 3 :** 600g / 4.5 m²

IV.2.1. Hauteur des plants au stade panicule

Les mesures de la hauteur des tiges sont nécessaires pour connaître son effet sur la formation des panicules.

L'analyse de la figure à la hauteur des plants au stade panicule, montre des différences significatives entre les doses NPK 15 15 15 étudiées.

D'après l'analyse de la **Figure (16)** en remarque illustre que hauteur de la plante est augmenté proportionnellement avec les doses appliqués. Les hauteurs enregistrées sont de 50,5 cm ; 75,1cm + ; 80,5 cm et 21,8 cm respectivement pour les doses (**dose 01** =100g / m²), (**dose 02** =275g / m²), (**dose 03**= 600g / m²) et (**Témoin** = 0g / m²)

La hauteur de la tige est une composante de rendement. **Spehar et Santos (2005)** ont signalé une corrélation positive entre la hauteur des plants et le rendement en graines.

D'après (**Unifa, 2005**).L'azote entre, avec d'autres éléments (carbone, oxygène, hydrogène...), dans la composition des acides aminés formant les protéines. L'azote est un élément essentiel pour la constitution des cellules et la photosynthèse (chlorophylle). C'est le principal facteur de croissance des plantes et un facteur de qualité qui influe sur le taux de protéines des végétaux

Et selon (**Sanchez et al. 2009**) le phosphore joue des rôles primordiaux dans le fonctionnement biologique des plantes puisqu'il participe à de nombreux processus physico-

chimiques, biologiques et enzymatiques. Il est l'un des principaux constituants des acides nucléiques en joignant les nucléotides. Il est aussi un des constituants des phospholipides des membranes végétales. Le phosphore active la croissance des bourgeons et des racines et joue aussi le rôle d'activateur dans la mise en réserve des glucides. Le P est mis en réserve dans les grains/graines sous forme de phytate

D'après (Unifa, 2005) Le potassium est toujours abondant dans la matière sèche des végétaux. Très mobile dans la plante, il y joue un rôle multiple :

- ✓ Il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges intracellulaires.
- ✓ Il réduit la transpiration des plantes, augmentant la résistance à la sécheresse.
- ✓ Il active la photosynthèse et favorise la formation des glucides dans la feuille.
- ✓ Il participe à la formation des protéines, et favorise leur migration vers les organes de réserve (tubercules et fruits).
- ✓ Il contribue à renforcer les parois cellulaires, offrant aux plantes une meilleure résistance à la verse et à l'agression des maladies ou parasites

IV.2.2. Nombre de ramifications herbacées par plante.

L'analyse de la Figure concernant le paramètre ramification par plant. Ce paramètre passe de 28 ramification /plant obtenue par la dose 03 et 27 ramification/plant obtenue par la dose 02. L'autre dose enregistrent des nombres de ramifications/plant intermédiaires : dose 01(17 ramification /plant) ; témoin (10.5 ramification/plant) (**Figure N°16**).

Nous notons que le nombre de ramification herbacée de la plantes augmente avec une augmentation de la quantité de NPK ajoutée au sol, alors qu'il diminue complètement dans le sol témoin de son manque de substances minérales.

Selon Herne et al. (1989), l'importance de nombre de ramification par plant est en fonction de la variété, de la fertilité du sol, de la densité et de la profondeur de semis.

IV.2.3. Nombre des ramifications panicule/ plant.

D'après le **Figure (16)**, il s'avère que le nombre de ramification paniculaire de quinoa augmente de régulière avec l'augmentation des concentrations de fertilisants NPK 15 15 15 ajoutées.

Les nombres de ramification enregistrés sont de (10.55), (11.8) , (13.83) et (5.6) , respectivement pour les doses (dose 01 =100g / m²) , (dose 02 =275g / m²) , (dose 03= 600g / m²) ,(Témoin = 0g / m²)

Selon **Basra et al. (2014)**, le nombre de panicule par plant est influencé par la variété et la fertilisation azotée. D'après cet auteur, ce paramètre augmente proportionnellement à l'augmentation de fertilisation azotée.

IV.2.4. Hauteur et le poids de la panicule principale

En se référant au **Figure (16)**, il s'avère que la longueur et le poids de la panicule principale de la plante augmentent constamment des sols les plus pauvres aux matières minérales des plus approvisionnées en engrais, et nous en concluons que les substances minérales (azote, potassium et sodium) dans un sol contribuent à augmenter le rendement de la plante.

Dose 01 : avec une moyenne de l'hauteur et de poids de la panicule principale **10 .55 cm** et **11.63 g/ plant**.

Dose 02 : avec une moyenne de l'hauteur et de poids de la panicule principale **11.8 cm** et de **25.37 g/ plant**.

Dose 03 : avec une moyenne de l'hauteur et de poids de la panicule principale **13.83 cm** et **33.67 g/plant**.

Témoin : avec une moyenne de l'hauteur et de poids de la panicule principale **5.6 cm** et **16.82 g/plant**.

IV.2.5. Taux des plants levés par parcelle

Tableau (13) : Taux moyen des plants levés par parcelle

VARIETE	TOTAL	GERMEE	TAUX
<i>Amarilla sacaca</i>	100	100	100 %

D'après **Prommark (2014)**, le taux de levée est une caractéristique variétale. Cet auteur a enregistré dans un travail précédent mené sur cinq variétés de quinoa, un maximum de taux de levée de 59,8% et un minimum de 3,5%.

Salem et Brahim (2007), indiquent que la densité du peuplement chez l'orge est influencée par la dose de semis, le poids de mille graines, la qualité des semences, les caractéristiques du lit de semence et les conditions climatiques après le semis.

Selon (**Buckman, 1990**), la densité des plants levés est fonction du nombre de grains et de la survie des plantes.

Le **Tableau (13)** est le résultat de teste de germination des grains de quinoa et dite que la totalité des graines sont germées pendant un temps de (24à48 heure) donc le grain de bonne qualité.

IV.3. Contraintes du milieu

A partir de l'**annexe 01**, et les inventaires que nous avons effectués du jour de la plantation au jour de la récolte, nous avons remarqué que dans les premières semaines, le nombre de plants dans chaque parcelle augmentait. Alors qu'il semblait diminuer clairement et à la place en raison de plusieurs facteurs auxquels nous pensons :

- ✓ La date de plantation est tardive, la plante est donc surprise par la baisse des températures nocturnes et des quantités importantes de pluie tombant fin novembre et début décembre
- ✓ Le processus de récolte des fruits du palmier (dattes) et de tomber leur chute sur le site expérimentale (les parcelles)
- ✓ Écrasé de certaine plante par des ouvriers agricoles
- ✓ Augmentation de la croissance des plantes et incapacité à étirer les racines dans le sol à certaines profondeurs, car pendant le processus d'agitation et manipulation du sol pour ventiler et l'aération les racines, il y a du gravier dans les endroits bas du lieu de la plantation et de la dureté de sol dans d'autres endroits.

IV.4. Facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental

IV.4.1. Ravageurs ; maladies ; parasites

Parmi les insectes ravageurs observés et les effets causés par les parasites et ravageurs sont :

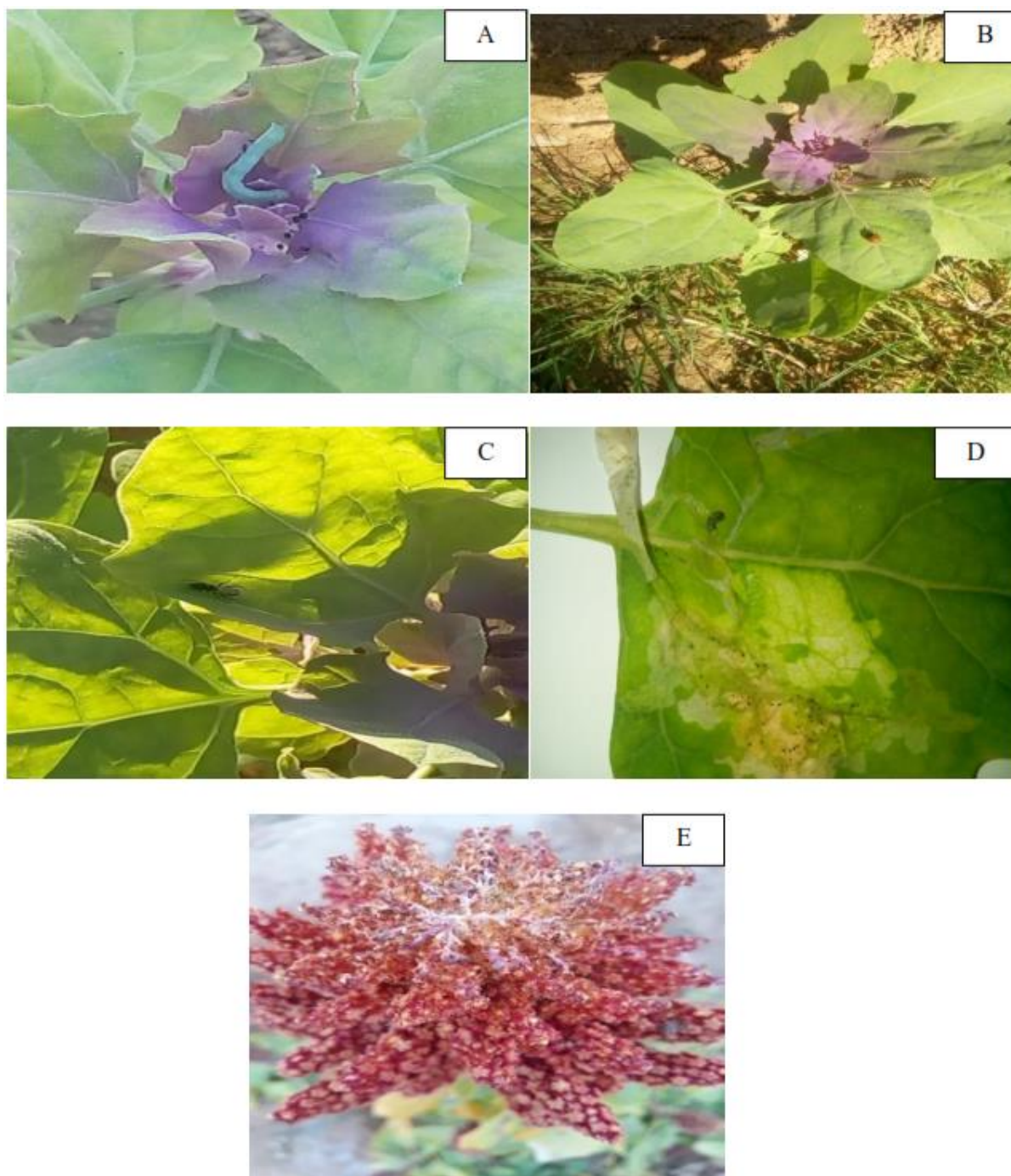


Photo (10) : Quelques espèces ravageurs, parasites ; et maladies influencées sur la plante (Benyaya R et Bouhanna A .2020) (A.B.C.D .E)

IV.4.2. Mauvaises herbes

Le semis tardif favorise la compétition entre espèce puisque la culture de quinoa est déjà bien établie par rapport à l'émergence des plants adventices. Dans notre cas plusieurs mauvaises herbes ont été observées sur le site expérimental de notre culture qu'ils sont :

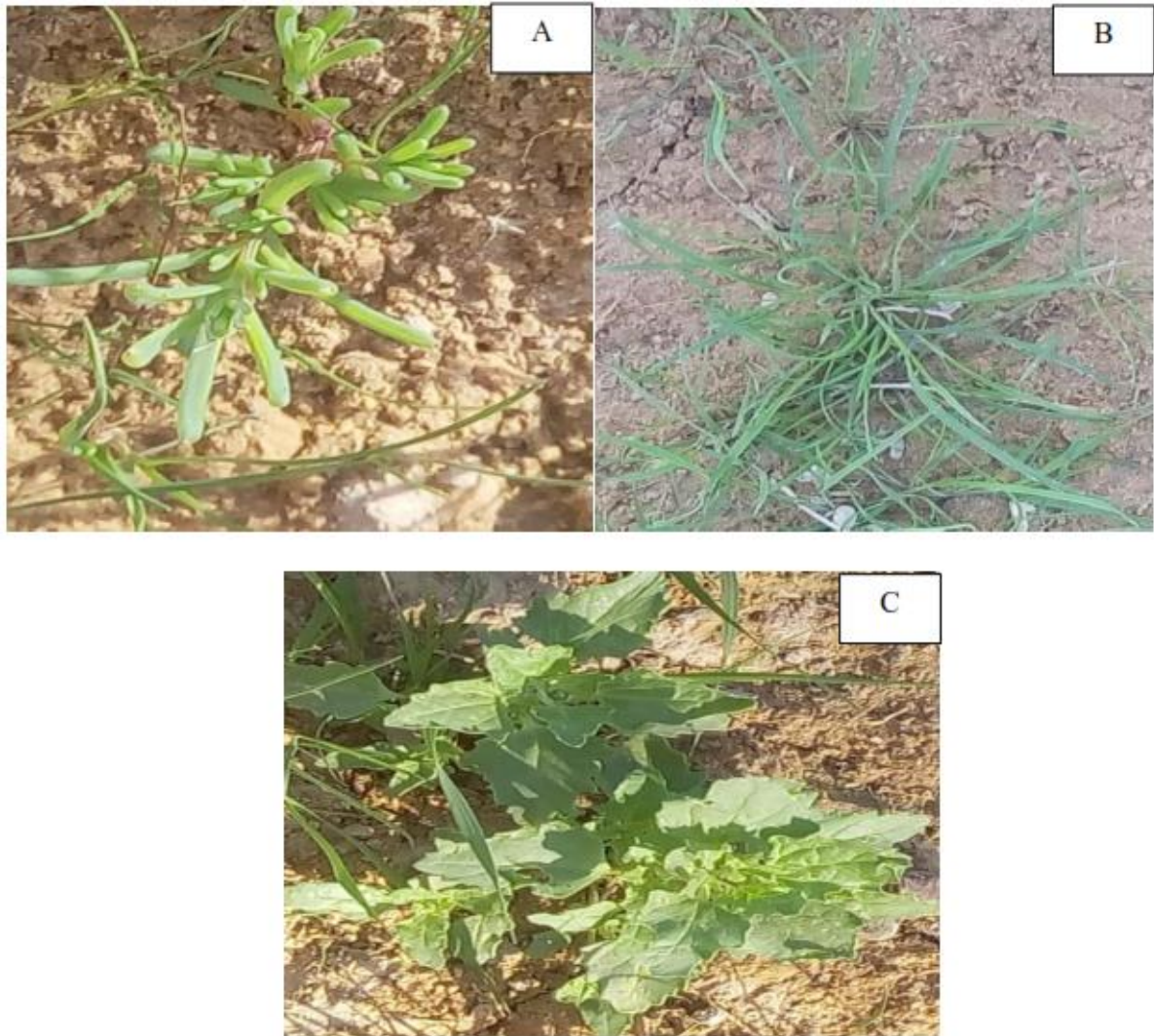


Photo (11) : Des espèces végétales observées dans le site expérimentale (Benyaya R et Bouhanna A .2020) (A.B.C)

IV.4.3. Aléas climatiques

Parmi les accidents climatiques que nous avons observés dans notre site expérimental :

- ✓ chute et jaunissement des jeunes feuilles des certaines plantes



- ✓ Flétrissement causé par la cassure des plants par le vent



Photo (12) : Facteurs biotiques et abiotiques affectant la culture de quinoa au niveau de site expérimental (Benyaya R et Bouhanna A .2020) (A .B.C.D)

Conclusion

Conclusion

Le quinoa est une culture annuelle qui est semé entre les mois de septembre et novembre et récolté entre mai et juillet. Cette culture nécessite une photopériode courte et une température basse pour une bonne croissance. Le quinoa est cultivé sur des sols marginaux peu fertiles, et s'adapte bien aux hautes altitudes de 2000 à 3000 mètres. Le quinoa est très sensible aux fortes températures au stade floraison ; celles supérieures à 35°C peuvent conduire à la dormance et la stérilité du pollen.

Au terme de notre étude nous jugeons utile de rappeler l'objectif de ce travail qui consiste à étudier l'effet de différentes doses de fertilisation NPK sur le développement de quelques paramètres d'adaptation de quinoa (*Amarilla Sacaca*).

À travers les analyses que nous avons effectuées, nous avons montré quelques résultats qui montrent la grande résistance à la salinité et le froid et à la plupart des conditions extrêmes qu'elle a connues pendant sa période de croissance et ainsi leur production en fonction de la fertilité du sol.

Les résultats des variations de PH dit que la valeur est élevée dans le sol témoin par rapport au sol auquel des engrais minéraux (NPK 15 15 15) sont ajoutés, et le valeur de PH est diminué progressivement avec les dose de 03 à 01 cela est dû au fait que l'azote est réduit le PH de sol

Nous avons enregistré un valeur de PH de 7.83 pour le **témoin** et avec une valeurs de 6.7 pour le **dose (01)**, par ailleurs on a noté le **dose (02)** avec d'une valeur de 7.58 et pour le **dose (03)** une valeur de 6 ;

Pour obtenir des résultats plus précises et pour connaître bien notre sol on a fait quelques analyses des variations d'éléments minéraux en solution de sol en fonction des doses parmi lesquelles l'azote : **dose 01** la valeur de l'azote est de 135.72 mg/l, Alor que la **dose deux** est de valeur de 134.54 par ce que le sol très sel et le plante ne pas potentialisent à l'absorption d'azote. Par contre la **dose 03** qui il dominant le taux d'azote de 117.56 mg/l et dans le **témoin** inscrire 135.72 mg/l. Aussi le potassium varie de dose à l'autre comme suit ; dans la **première dose** et le **témoin** même valeur de 13.22 mg/l et dans la **deuxième dose** 12.12 mg/l mais la valeur de potasse dans la **dose 03** réduire de valeur 8.9mg/l

L'analyse de calcium montrent clairement que la concentration a exercé une augmentation de ce contenu chez le deux **dose (01 et 02)** et avec de la valeur de 581.16 mg/l, 570 mg/l, 581.16 mg/l, par rapport aux **dose 03** respectivement qui réduire avec valeur de 549,1 mg/l

Conclusion

Et les valeurs des variations de bicarbonate enregistrées sont 35,38(mg /l) ; 34,16 (mg /l) ; 29,28 (mg /l) ; 35,38(mg /l) respectivement pour les doses (**dose 01** =100g / m²), (**dose 02** =275g / m²), (**dose 03**= 600g / m²), (**Témoin** = 0g / m²)

L'analyse des résultats montrent que l'ajout d'engrais minéraux (d'azote, de phosphore et de potassium ...) améliorent les propriétés chimiques du sol et par voie de conséquence accélèrent la croissance de la plante.

Quant à la première dose d'une valeur de 100 g/ m², le résultat a été peu dans le nombre de germes et un peu tard dans la croissance en raison du manque de sels minéraux et du pourcentage élevé de PH.

En ce qui concerne la deuxième dose de 275 grammes / parcelle (m²), nous avons remarqué que la croissance de la plante est normale par rapport à la première, c'est-à-dire une augmentation de la croissance de la plante due à la diminution de taux de PH, qui aide la plante à absorber les éléments nutritifs présents dans le sol.

Et pour la dernière dose 600 g/ m², nous avons clairement remarqué la vitesse de croissance de la plante en termes de longueur, de nombre de ramifications quelque soit herbacées et paniculaires et de quantité élevée des graines produit. Ceci est dû à la faible salinité et l'acidité de la sole qui a facilité l'absorption des substances minérales de la plante.

De là, nous pouvons dire que la plante de quinoa doit pousser dans des zones salines et sèches mais avec l'enrichie de sol par l'ajoutée d'engrais minéraux (potassium, calcium, sodium et de l'azote ...). Pour réduire la haute salinité et l'acidité excessive

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

- La date de semis influe sur les paramètres de croissance de la plante
- Les températures élevées inhibent la germination des graines en résultant une levée faible et hétérogène, elles influent également sur la floraison
- Les basses températures au début de croissance et coïncidant avec la floraison, empêchent la fécondation

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

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

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- 1) **Ahmidatou I., 2012-** Essai de lutte biologique contre la pyrale des dattes *Ectomyeloisceratoniae* par l'utilisation d'*Habrobracon hebetor* dans les stocks de la région de Djamaa Université Kasdi merbah. Ouagla, p: 10-17
- 2) **Basra,S.M.A., Iqbal and I. Afzal, 2014.**Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes.int. J.Agric.Biol. 16:886-892.
- 3) **Bazile D, Pulvento C, Verniau A, Al-Nusairi MS, Ba D, Breidy J, Hassan L,MohammedMI, Mambetov O, Otambekova M, Sepahvand NA, Shams A, SouiciD,MiriK,Padulosi S. 2016.** Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results frompostinternational year of quinoa FAO projects in nine countries. *Frontiers in PlantScience*7:Article 850 DOI 10.3389/fpls.2016.00850
- 4) **Bendaoud H., 2012-** Diagnostic sur la conduite d'irrigation de palmiers dattiers dans la région d'Oued Righ. Universite Kasdi merbah. Ourgla, p: 50-52.
- 5) **Bhargava A., Shukla S., Rajan S., Ohri D., 2006-** Genetic diversity For morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. National Botanical Research Institute. Lucknow. India. 54:167–173.
- 6) **Bioversity International et FAO., 2013-** Quinoa et ses espèces sauvages apparentées. Bolivie. N° 538, pp: 3.
- 7) **Bois J.F., Winkel T., Lhomme J.P., Raffailac J.P., Rocheteau A. (2006).**Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. *Eur. J. Agron.*, 25(4), 299-308.
- 8) **Bosque,S.H., Lemeur,R.,Van Damme ,P.,Jacobsen,P,S.E.,2003.**Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) .Food Reviews International,19 :111.
- 9) **Boubaiche, Y., 2016.** Essai de comportement de trois variétés de quinoa. Thèse de mas. En production et amélioration végétales. Univ. De Biska.63p.
- 10) **Bruno M.C., Whitehead W.T., 2003.** *Chenopodium* cultivation and formative period agriculture at Chiripa, Bolivia, *Latin American Antiquity*. 14(3):339-355
- 11) **Catacora P., Canahua A.** Selección de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) resistentes a heladas y perspectivas de producción en camellones. Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. 4-8 Fév. 1992, Morales et Vacher, La Paz, Bolivia, 53-56.

Références bibliographiques

- 12) **Cercam., 2014-** Fiche de synthèse QUINOA Une culture à fort potentiel d'adaptation et de production pour le Maroc. Maroc, p : 2
- 13) **Chauhan, G.S., Eskin, N.A.M., Tkachuk, R., 1992.** Nutrients and antinutrients in Quinoa seed. *Cereal Chemistry*, 69: 85-88.
- 14) **Chemala, O.2006 ;** La situation des pieds mâles du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) Dans la Région d'Oued Righ, p : 8-10
- 15) **Del Castillo C., Gregory M. et Winkel T. 2008.** Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente "bio- équitable " *Biotechnol .Agron .Soc Environ.*, 12(4):424
- 16) **Dini, I., Tenore, G.C., Dini, A., 2004.** Phenolic constituents of Kancolla seeds. *Food Chemistry*, 84: 163-168
- 17) **FAO (2011) Quinoa: an ancient crop to contribute to world food security.** <http://www.fao.org/docrep/017/aq287e/aq287e.pdf>, consulté le 21 novembre 2014.p:4
- 18) **FAOSTAT, 2015.** Base de données statistiques de la FAO.
- 19) **Gallardo M., Pardo F., Gonzales J. (1996).** Efecto del CINa sobre el contenido de betalainas En *Chenopodium quinoa* Willd. XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 20-22 de marzo, Mendoza Argentina, 284-285.
- 20) **Galwey, N.W., 1993.** The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial Crops and Products*, 1: 101-106
- 21) **Gandarillas, H., 1968.** Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinua. In : *Anales de la Primera Convención de Quenopodiaceas quinua – canahua.* Universidad Nacional Técnica del Altiplano (Ed). Puno, Peru. pp. 41-49.
- 22) **Gandarillas, H., 1979.** La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Botánica. In: *La Quinua y la Kaniwa cultivos andinos.* Tapia, ME., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A. (Eds.). CIIDIICA. Bogota, Colombia. pp. 12-26.
- 23) **Heiser C.B., Nelson D.C., 1974.** On the origin of the cultivated Chenopods (*Chenopodium*). *Genetics*. 78:503-505.
- 24) **Herbillon M., 2015-** Le Quinoa: Intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques. these doctorat en pharmacie. Université de Rouen .f .r de médecine et de pharmacie. France, pp:25-50
- 25) https://www.biosaline.org/sites/default/files/project_brief_quinoa_for_marginal_environments_v2-fre-web.pdf.

Références bibliographiques

- 26) **Hunziker A.T. (1943)**. Los especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los Indios de America. *Rev. Argent. Agron.*, 30(4), 297-353.
- 27) **ICBA, 2016**, International Center for Biosaline Agriculture. Le Quinoa pour les environnements marginaux, la péninsule arabique et les ÉAU, disponible sur : https://www.biosaline.org/sites/default/files/project_brief_quinoa_for_marginal_environments_v2-fre-web.pdf.
- 28) **Izquierdo Fernández,J.I., Mujica,A., Jacobsen, S.E., Marathée, J.P., Morôn,C.,2001**.Cultivos andinos. Versiôn 1.0. (CD-Rom). Santiago, Chile: FAO. Accessible à: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/pubs.html>.
- 29) **Jacobsen S.-E., Monteros C., Corcuera L., Bravo L., Christiansen J., Mujica A. (2007)**. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Europ. Agronomy*, 26(4), 471-475.
- 30) **Jacobsen, S.E. & Stolen, O., 1993**. Quinoa: morphology, phenology and prospects for Its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy*, 2: 19-29.
- 31) **Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., Nunez, N., Andersen, S.D., Rasmussen, L.,Mogensen, V.O., 2000**.Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. *European Journal of Agronomy*,13 :211-223.
- 32) **Jacobsen, S.E., Monteros, C., Christiansen, J.L., Bravo, L.A., Corcuera, L.J., Mujica, A.,2005**. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22: 731-139.
- 33) **Laguna P. (2002)**.Competitividad, externalidades e internalidades, un reto para les Organizacion economicascampesinas: la inserción de la Asociación Nacional de Productoresde Quinoa en elmercadomundial de la quinoa. *DebateAgrario*, 34, 95-169.
- 34) **Lebonvallet S., 2008**. Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'Altiplano bolivien. Thèse de doctorat, Agro Paris Tech, France' Mainassara Zaman-Allah ., Bouaziz Sifi., Boulbaba L'Taief ., Mohamed Hédi El Aouni .,2009.Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolusvulgaris L.*)P : 125-127.
- 35) **Martínez E.A., Veas E., Jorquera C., San Martín R., Jara P. (2009)**. Reintroduction of *Chenopodiumquinoa* Willd. into arid Chile : cultivation of two
- 36) **Mauromicale G., Licandro P., 2002**. Salinity and temperature effects on germination, emergence and seedling growth of globe artichoke. *Agronomie* 22 : 443-50.

Références bibliographiques

- 37) Mujica, A., Jacobsen, S.E., Izquierdo, J., Marathee, J.P. (coord.), 2001. Quinoa (Chenopodium quinoa willd.) : ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. CIP, UNAP, FAO. CD Cultivos Andinos, versión 1.0 FAO (Ed.). Santiago, Chile.
- 38) Oelke E.A., Putnam D.H., Teynor T.M., Oplinger E.S. Quinoa. *Alternative field crops manual*. University of Wisconsin-Extension 1992. <https://cutt.us/KkI6w> consulté le 22 octobre 2014. lowland races under extremely low irrigation. *J. Agron. Crop Sci.*, 195(1), 1-10
- 39) Patridge T., Wilson J.B., 1987. Germination in relation to salinity in some plants of salt marshes in Otago, New Zealand. *J Bot* 25 : 255-61.
- 40) Prommarak S., 2014. Response of Quinoa to Emergence Test and Row Spacing in Chiang Mai - Lumphun valley Lowland Area. *Khon Kaen Agri. J.* 42. Sppl .2: 8-14.
- 41) Quispe J.I., Fernandez C., Cortes G. (1976). Contribución al estudio morfológico del grano de quinua. In : Segunda Convención Internacional de Quenopodiáceas, Potosí, Bolivia.
- 42) Risi C.J., Galwey N.W. (1984). The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. *Adv. Appl. Biol.*, 10, 145-216.
- 43) Rodier J. et al. (2009) - L'analyse de l'eau, 9e édition. DUNOD, Paris, France. 1579p.
- 44) Source : Souci, Fachmann, Kraut : La composition des aliments . 7ème édition , 2008 , Med Pharm Scientific . Publishers /Taylor & Francis, ISBN 978-3-8047-5038.
- 45) Spehar, C. R., & Santos, R. L. D. B. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(6), 609 -612.
- 46) Tapai M., 1979, Industrialization, p.193-201. In: Quinoa y kaniwa cultivos andinos, TAPAI et al, ed, IICA, Bogotá, Colombia.
- 47) Tapia M.E., 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro
- 48) Tapia M.E., Gandarillas H., Alandia S., Cardozo A., Mujica A., Ortiz R., et al. La quinua y la kaniwa: cultivos andinos. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), 1979.
- 49) Tapia, M.E., 2002. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. In: cultivos Andinos. CD-Rom, versión 1.0. FAO, UNA-Puno, CIP. Santiago, Chile. transfert de technologie en agriculture. <http://studylibfr.com/doc/3022031/les-cultures-alternatives> .

Références bibliographiques

- 50) **Touati I., 2018-** Etude de potentiel de croissance et de production de plusieurs variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sous les conditions arides de sud de l'Algérie (Cas de Ouargla). Université Kasdi merbah. Ourgla, p: 12-16.
- 51) **Valencia-Chamorro S.A. Quinoa. In : Cabalero B.** 2ème éd. *Encyclopedia of Food Science and nutrition* (vol. 8), Amsterdam, Academic Press, 2003, 4895-4902.
- 52) **Wilson H.D., 1990.** Quinoa and Relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). *Economic botany*. 44:92-110.
- 53) **Wopereis Marco C.S, Toon Defoer, Philip Idinoba, Salif Diack et Marie-Jo Dugué 2008 ;** Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne ; p :52-54 .
- 54) **Yazar A., İnce Kaya C., 2014-** A New Crop for Salt Affected and Dry Agricultural Areas of Turkey: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Çukurova University. Adana. Turkey. Vol (2). 1440-1446.
- 55) **Zeddouri A et al, 2010-**origine de la salinité des eaux du complexe terminal dans la région de Ouargla (sud-est algérien) p : 62.

Annexes

Annexes

Annexes

Annexe 1 :

la date	bloc	nombres des plantes observées /parcelles				
Le 25/10/2019	1	47	22	40	48	100
	2	29	70	65	54	20
	3	18	18	25	0	10
Le 31/10/2019	1	63	37	44	59	107
	2	31	73	65	54	24
	3	22	22	28	2	10
Le 07/11/2019	1	62	34	44	59	107
	2	30	73	65	52	22
	3	20	22	26	2	9
Le 15/11/2019	1	46	19	38	42	89
	2	10	56	54	36	17
	3	12	14	22	1	7
Le 01/12/2019	1	40	12	37	19	76
	2	6	32	53	23	9
	3	9	6	13	1	5
Le 07/12/2019	1	36	12	34	16	58
	2	2	37	37	23	5
	3	9	6	13	1	5
Le 19/12/2019	1	35	11	34	16	42
	2	2	37	37	23	5
	3	8	6	13	1	5
Le 22/12/2019	1	29	11	28	16	31
	2	2	33	32	20	3
	3	6	6	10	0	0
Le 02/01/2020	1	29	11	28	16	31
	2	2	33	32	20	3
	3	6	6	10	0	0
Le 17/02/2020	1	28	11	19	12	22
	2	2	31	32	16	3
	3	6	5	9	0	0
Le 27/02/2020	1	28	11	19	12	22
	2	2	31	32	16	3
	3	6	5	9	0	0
Le02/03/2020	1	28	11	19	12	22
	2	2	31	32	16	3
	3	6	5	9	0	0
Le16/03/2020	1	28	11	19	12	22
	2	2	31	32	16	3
	3	6	5	9	0	0

Annexes

Annexe 2 :

	plante	Hauteur (cm)	nb de ramification herbacées	nb de ramification paniculaire	hauteur de panicule principale (cm)	le poids de panicule principale (g)
dose 01	1	48	17	12	7	18.1
	2	52	14	10	11	8.6
	3	68	26	19	19.5	19.5
	4	50	11	08	12	15
	5	60	11	10	17	18
	6	59	21	18	15	13
	7	43	18	12	5	4.9
	8	40	19	13	7	8.6
	9	47	19	12	7.5	8.1
	10	38	14	9	4.5	2.5

Annexe 3 :

	plante	hauteur (cm)	nb de ramification herbacées	nb de ramification paniculaire	hauteur de panicule principale (cm)	le poids de panicule principale (g)
dose 02	1	96	35	31	26	58
	2	89	33	29	23	40
	3	86	32	28	15	38
	4	86	37	31	9	20
	5	65	19	12	8	16
	6	59	17	11	6	12
	7	104	38	30	10	28
	8	56	21	17	7	15
	9	55	19	11	7	13.7
	10	55	19	10	7	13

Annexe 4 :

	Plante	hauteur(cm)	nb de ramification herbacées	nb de ramification paniculaire	hauteur de panicule principale(cm)	le poids de panicule principale(g)
dose 03	1	89	31	28	15	61.1
	2	70	28	21	8	22.1
	3	55	22	18	7	17
	4	76	28	23	10	14
	5	80	28	22	11	14.5
	6	78	28	20	10	28
	7	79	26	19	19	62
	8	80	27	23	9	10
	9	93	31	29	9	70
	10	88	31	28	12	38

Annexe 5 :

	plante	hauteur (cm)	nb de ramification herbacées	nb de ramification paniculaire	hauteur de panicule principale (cm)	le poids de panicule principale(g)
Témoin	1	33	19	14	7	21
	2	31	13	10	6	19
	3	28	10	08	5	17
	4	28	9	06	5.25	17.1
	5	29	13	09	5.5	17.6
	6	25	9	04	5	15.9
	7	25	9	04	5.25	17
	8	22	10	05	5	11
	9	27	8	03	6.5	20.4
	10	18	5	03	5.5	12.2

Annexes 06: Protocole d'analyse de sol

L'échantillon le sol de terrain de cultural pour l'analyse se prendre à profonde 20cm, les analyses de sol a été effectué dans laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité et de la conformité.

Mesure de pH et conductivité électrique

- Peser 10g d'échantillon de sol
- Ajout 50ml de l'eau distillé
- Agitation par vortex pendant 15min, et laisser la solution reposer pendant 15min.
- Mesure direct par appareil
 - * pH mètre donné valeur pH.
 - * Conductimètre donné valeur conductivité électrique.

Annexes

Annexes 07 : L'appareil utilisé dans les protocoles.



Balance



Plaque chauffante



Les doses de NPK 15 15 15 utilisé au fond de sol