



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

N° série: .....

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

*Université Echahid Hamma Lakhdar –El- OUED*

كلية علوم الطبيعة والحياة

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

قسم العلوم الفلاحية

*Département de Sciences Agronomiques*

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

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

**Spécialité : Production végétale**

### **THEME**

**Contribution à l'étude de l'introduction de  
l'espèce de Quinoa dans la wilaya d'El Oued**

Présenté par :

**HOGGUI Houdhaifa**

**KHALED Halima**

Devant le jury composé de :

Président:	Mr. ACILA Smail.	M.C.B,	Université d'El Oued.
Examineur :	Mr. ZAATER A.	M.A.A,	Université d'El Oued.
Promoteur :	Mr. ALLALI A.	M.A.A,	Université d'El Oued

- Année universitaire 2018/2019 -

# *Dédicace*

*A Monsieur Djamel SOUICI ex directeur général de L'institut technique de développement d'agronomie saharienne et le consultant national de projet d'introduction de quinoa en Algérie.*

*A tout qui me connaît de près ou de loin.....*

*Halima KHALID*

*&*

*Houdhaïfa HOGGUI*



## *Remerciement*

*Au terme de cette mémoire, je remercié avant, Dieu tout puissant de ma voir donner le courage pour terminer nos études, et m'avoir permis la réalisation de ce présent travail.*

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Monsieur. ALLALI Ahmed, notre encadreur, qui a bien voulu, par son aimable bienveillance, diriger ce travail qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.*

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

*Nous exprimons nos plus grands remerciements à tout personnel et responsable de L'ITDAS notamment la station d'Arfiane à la commune de Tindela Daira de Djamaa. Qui est le point de départ de notre travail et la source de toutes les semences, sans oublié de remercier les agriculteurs surout BERJOH Taher qui a ouvri toutes ses portes de sa ferme devant nous a fin de bien suivre le développement de la culture.*

*En fin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loïn à réaliser ce travail.*

## Liste des abréviations

**APGIII** : l'Angiosperm Phylogeny Group (troisième version de classification botanique des angiospermes)<sup>0</sup>+6.

**FAO**: Food and Agriculture Organisme.

**ITDAS** : Institut Technique de Développement d'Agronomie Saharien.

**INPV**: Institut National de Protection de végétaux

**INRAA** : Institut National de Recherche d'Agriculture –Algérie.

**INRF**: Institut National de Recherche forestière.

**INSID** : Institut National des sols, Irrigation et Drainage.

**ITGC** : Institut Technique des grandes cultures.

**IYQ**: International Year of Quinoa (l'Année internationale de Quinoa)

**ONU** : Organisation des nations unies

## **Résumée :**

Dans ce travail, nous avons présenté l'importance du quinoa et sa culture dans le monde, en résumant les résultats des deux projets d'introduction du quinoa en Algérie dans la vallée du Rig. Nous avons confirmé ces résultats en accompagnant un agriculteur dans la production d'un hectare de quinoa.

L'objectif de notre travail est de rassembler tous les résultats et expériences de la culture du quinoa pendant 5 ans à l'Institut technique pour le développement de l'agriculture désertique (ITDAS) à l'intention des futurs chercheurs en matière de quinoa.

Amarilla sacaca est la variété la plus appropriée et donne environ 18 qx / ha avec un PMG de 03 g. Il est également noté que le coût de production ne dépasse pas 170 da par kilogramme.

D'après les résultats obtenus, on peut dire que le quinoa s'adapte bien dans la région de la vallée, il ne reste plus qu'à respecter le parcours technique de sa culture.

**Mots clés:** quinoa, vallée, variété, ha et projet.

.

## خلاصة :

قمنا في هذا العمل بالتعريف بأهمية الكينوا وزراعتها في العالم ، مع تلخيص نتائج مشروع إدخال الكينوا في الجزائر في منطقة وادي ريغ بالوادي ، وأكدنا النتائج عن طريق مرافقة احد المزارعين في إنتاج هكتار واحد من الكينوا.

الهدف من عملنا هو جمع كل نتائج وخبرات زراعة الكينوا لمدة 5 سنوات بالمعهد التقني لتنمية الزراعة الصحراوية ITDAS للباحثين في المستقبل حول موضوع الكينوا

الصنف **Amarilla sacaca** هو الصنف الأنسب ويعطي حوالي 18 qx / ha مع PMG من 03 غ. ويلاحظ أيضًا أن تكلفة الإنتاج لا تتجاوز 170 da للكيلوغرام.

من النتائج التي تم الحصول عليها ، يمكننا أن نقول أن الكينوا تتكيف بشكل جيد في منطقة الوادي علينا فقط أن نحترم المسار التقني في زراعتها .

**الكلمات المفتاحية: الكينوا ، الوادي ، الصنف ، هكتار ومشروع**

## **Summary:**

In this work, we presented the importance of quinoa and its culture in the world, summarizing the results of the two projects of introduction of quinoa in Algeria in the Rig Valley, We confirmed these results by accompanying a farmer in the production of one hectare of quinoa.

The aim of our work is to bring together all the results and experiences of quinoa culture for 5 years at the Technical Institute for the Development of Desert Agriculture (ITDAS) for future researchers in quinoa.

Amarilla sacaca is the most appropriate variety and gives about 18 qx / ha with a PMG of 03 g. It is also noted that the cost of production does not exceed 170 da per kilogram.

From the results obtained, we can say that the quinoa adapts well in the region of the valley, it remains only to respect the technical course of its culture.

**Key words: quinoa, valley, variety, ha and project**

# Sommaire

1	Introduction.....	1
---	-------------------	---

## PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

2	<b>Chapitre I : Généralités sur le quinoa.....</b>	<b>3</b>
2.1	Origine de quinoa.....	3
2.1.1	Définition et Classification du quinoa.....	4
2.1.2	Les écotypes de quinoa.....	5
2.1.3	Les utilisations de quinoa.....	7
2.1.4	La Valeur nutritive de quinoa.....	8
2.1.5	Les exigences climatiques et la résistance de plante.....	10
2.1.6	La morphologie de plante.....	11
2.1.6.1	Caractères végétatifs.....	11
2.1.6.2	Caractère floraux.....	14
2.1.7	Les stades phénologique de quinoa.....	18
2.1.7.1	Levée.....	18
2.1.7.2	Deux feuilles vraies.....	18
2.1.7.3	Quatre feuilles vraies.....	18
2.1.7.4	Six feuilles vraies.....	18
2.1.7.5	Ramification.....	19
2.1.7.6	Début de formation de la panicule.....	19

2.1.7.7	Panicule.....	19
2.1.7.8	Début de floraison.....	19
2.1.7.9	Floraison... ..	19
2.1.7.10	Grain laiteux.....	20
2.1.7.11	Grain pâteux.....	20
2.1.7.12	Maturité physiologique... ..	20
2.1.8	Les pratiques agricoles du quinoa.....	20
2.1.8.1	Le semis... ..	20
2.1.8.2	La fertilisation.....	21
2.1.8.3	Contrôle des mauvaises herbes.....	21
2.1.8.4	Les principales maladies et ravageurs... ..	22
2.1.8.5	La récolte.....	23
2.2	<b>Chapitre II : Le quinoa dans le monde.....</b>	<b>25</b>
2.3	Perspectives depuis l'année internationale du quinoa IYQ 2013.....	28
2.4	Les producteurs du quinoa au monde.....	29

## **DEUXIEME PARTIE : PARTIE PRATIQUE**

3	<b>Chapitre I : Introduction du quinoa en Algérie.....</b>	<b>31</b>
3.1	1 <sup>er</sup> projet : 2014-2016.....	31
3.1.1	Titre de Projet.....	31
3.1.2	Durée de projet.....	31

3.1.3	Les sites d'essai.....	32
3.1.4	Les variétés testées.....	33
3.2	Les résultats de projet dans la région d'Oued righ.....	34
3.2.1	Objectif.....	34
3.2.2	Localisation.....	34
3.2.3	Année de l'essai... ..	34
3.2.4	Caractéristiques de site El Oued station El Arfiane.....	34
3.2.4.1	Présentation de la région.....	34
3.2.5	Méthodologie .....	36
3.2.5.1	Itinéraire technique... ..	36
3.2.5.2	Matériels végétal.....	40
3.2.6	Résultats .....	40
3.2.6.1	Suivi de l'irrigation.....	40
3.2.6.2	Suivi de la salinité .....	41
3.2.6.3	Les stades phénologiques (Nombre de jours depuis le semis).....	42
3.2.6.4	Suivi des maladies .....	43
3.2.6.5	Les stades phénologiques par photo.....	44
3.2.6.6	La récolte.....	45
3.2.6.7	Battage et finage de quinoa.....	46
3.2.6.8	Estimation des rendements... ..	47

3.2.6.9	Contraintes rencontrés sur les deux ans d’essai.....	49
3.2.6.10	Conclusion : .....	49
3.3	Deuxième projet.....	50
3.3.1	Titre de projet Multiplication et sensibilisation du Quinoa.....	50
3.3.2	Durée de projet.....	50
3.3.3	Les instituts impliqués.....	50
3.3.4	Les zones d’implication.....	50
3.3.5	Les activités du projet pour l’année 2016.....	50
3.3.6	Cas de région d’Eloued.....	51
3.3.6.1	Localisation 01.....	51
3.3.6.2	Localisation 02 .....	53
3.4	Résultats deux projets.....	56
<b>4</b>	<b>Chapitre II : Accompagnement technique de production d’un hectare de quinoa.....</b>	<b>57</b>
4.1	Localisation.....	57
4.2	Nature de sol.....	57
4.3	L’eau d’irrigation.....	58
4.4	Matériel végétal.....	58
4.5	La préparation de sol.....	59
4.6	Le semis :.. ..	59
4.7	L’irrigation.....	60

4.8	Le suivie de développement de la culture.....	60
4.9	Résultats obtenues.....	62
4.10	Remarques et interprétations des résultats.....	63
4.11	Le cout de production d'un kilogramme de quinoa.....	64

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> Origine de quinoa.....	3
<b>Figure 2</b> Système racinaire du quinoa ( <b>Gandarillas, 1979</b> ).....	12
<b>Figure 3</b> Types des ramifications de quinoa .....	13
<b>Figure 4</b> Forme d'inflorescence de quinoa, A) glomérulaire ; B) amaranthiforme ( <b>Tapia et Fries, 2007</b> ).....	14
<b>Figure 5</b> Fleurs hermaphrodites et femelles du quinoa .....	15
<b>Figure 6</b> Structure interne de la graine de quinoa (section médiane longitudinale) .....	16
<b>Figure 7</b> Le mildiou de quinoa ( <b>Tichoux Benoit ,2013</b> ).....	22
<b>Figure 8</b> Larve « Quema Quema » .....	22
<b>Figure 9</b> Larve « Polilla de la Quinoa» .....	23
<b>Figure 10</b> Mouvement du quinoa dans le monde (Bazile,2014).....	27
<b>Figure 11</b> Développement du nombre de pays cultivant le quinoa dans les années .....	28
<b>Figure 12</b> Carte des pays participants au projet d'introduction de quinoa Bazile,2014.....	31
<b>Figure 13</b> Localisation des sites des essais d'introduction de quinoa en Algérie ( FAO,.....	32
<b>Figure 14</b> Photo satellite de la région Oued Righ Schéma géographique du haut et moyen .....	35
<b>Figure 15</b> Labour le site d'essais .....	37

<b>Figure 16</b> Préparation des parcelles d'essai .....	37
<b>Figure 17</b> Type d'irrigation et le compteur d'eau .....	38
<b>Figure 18</b> Dispositif des blocs expérimental.....	40
<b>Figure 19</b> les différents stade phénologique de quinoa.....	44
<b>Figure 20</b> La récolte de Quinoa.....	45
<b>Figure 21</b> le battage et le nettoyage manuel de quinoa après la récolte.....	46
<b>Figure 22</b> Battage mécanique de quinoa .....	46
<b>Figure 23</b> la parcelle d'essai OumTior .....	51
<b>Figure 24</b> semis manuel du quinoa site Oum Tior .....	52
<b>Figure 25</b> Quinoa en maturation site Oum Tior.....	53
<b>Figure 26</b> Semis manuel site Sidi Aoun.....	55
<b>Figure 27</b> Photos de semis par semoir manuel et l'irrigation du quinoa .....	60
<b>Figure 28</b> La récolte de quinoa (Mars 2019).....	62
<b>Figure 29</b> Dégâts des pluies sur la quinoa en fin de maturation .....	63

## LISTE DES TABLEUX

<b>Tableau 1</b> classification scientifique du quinoa.....	5
<b>Tableau 2</b> Composition des grains de quinoa et de blé (g/100g de matière sèche).....	8
<b>Tableau 3</b> Comparaison des besoins humains en acides aminés et des teneurs en acides aminés essentiels des protéines du lait, du quinoa, du blé et du soja (mg d'acides aminés / g de protéine) .....	9
<b>Tableau 4</b> Seize (16) variétés ont été testées. ....	33
<b>Tableau 5</b> Le matériel végétal des essais d'introduction de quinoa en Algérie .....	40
<b>Tableau 6</b> la salinité d'eau d'irrigation .....	41
<b>Tableau 7</b> la salinité des sols avant le semis .....	41
<b>Tableau 8</b> la salinité des sols après la récolte .....	41
<b>Tableau 9</b> les stades phénologiques (nombre de jours depuis semis).....	42
<b>Tableau 10</b> suivi de l'état phytosanitaire de quinoa .....	43
<b>Tableau 11</b> Le rendement en grains 2014-2015.....	47
<b>Tableau 12</b> Le poids de mille grains (PMG) 2014-2015 .....	47
<b>Tableau 13</b> Résultats de l'essai par variéié, 2014/2015.....	48
<b>Tableau 14</b> Le rendement en grains Qx/ha 2015/2016.....	49
<b>Tableau 15</b> Matériel végétal Site Oum Tior .....	51
<b>Tableau 16</b> Matériel végétal site Sidi Aoun.....	53
<b>Tableau 17</b> les résultats d'analyse des sols d'Oum Tior.....	57

<b>Tableau 18</b> caractéristique de la variété choisie (Amarilla Sacaca) .....	59
<b>Tableau 19</b> Suivi des stades phénologiques.....	60
<b>Tableau 20</b> Résultats de suivi de la culture.....	62
<b>Tableau 21</b> Coût de production d'un kilogramme de quinoa .....	66

# 1 Introduction

Dans le monde, la productivité et le développement agricole sont confrontés à plusieurs contraintes biotique (les champignons, les bactéries et les insectes) et abiotique (sécheresse, froid, gel et salinité).

La salinité et le déficit en ressources hydriques sont considérés comme des facteurs limitants à la production notamment dans notre région aride où l'agriculture est basée sur l'irrigation par les ressources en eaux existantes qui ont des qualités assez chargées en sels.

La salinité est un problème environnemental majeur qui affecte la production agricole dans le monde entier. 7% de la surface terrestre totale à des terres salées et environ un tiers des terres irriguées dans le monde souffrent de salinisation secondaire (**Flowers et Yeo, 1995 in Yuda Hariadi et al., 2010**).

Les pénalités économiques sont de l'ordre de milliards de dollars. Le problème de la salinité ne pouvant être résolu uniquement par une gestion corrective des sols, des cultures tolérantes au sel, capables d'éliminer l'excès de sel du sol tout en abaissant la nappe phréatique, peuvent contribuer de manière significative à la réduction de ce fardeau économique. La clé de l'ingénierie des plantes pour la tolérance au sel réside dans une meilleure compréhension des mécanismes physiologiques sous-jacents des réponses adaptatives des plantes. De plus, le potentiel génétique d'espèces existantes tolérantes au sel devrait être mieux exploité. Une de ces espèces est le quinoa.

L'Assemblée générale des Nations unies a déclaré 2013 « Année internationale du quinoa », afin de promouvoir la production et la consommation de ce produit au niveau mondial. A la suite d'une proposition de l'*État plurinational de Bolivie* à la *FAO*, en reconnaissance aux peuples

*Andins* qui ont su préserver le quinoa comme aliment pour les générations présentes et futures.

Grâce à ses qualités nutritives, sa grande diversité génétique, son adaptabilité aux différents stress abiotique comme la sécheresse, la salinité et divers types de sols et ses coûts de production très bas, le quinoa peut être considéré comme une culture stratégique pour la réduction de la pauvreté et de la malnutrition dans le monde; cela a été un facteur encourageant pour son introduction en Algérie.

Dans ce sens, on a choisis de développer dans notre mémoire l'historique d'introduction de quinoa en Algérie et sa conséquence ou l'impact de projet *FAO* dans la région *d'Oued Righ* par une étude d'un cas.

Le mémoire est composé de trois chapitres :

- ✓ La 1<sup>ère</sup> partie: est divisée en deux chapitres :
  - Le 1<sup>er</sup> chapitre : est consacré à une synthèse bibliographique présentant le quinoa, son origine, ces caractéristiques, son comportement aux différents contraintes abiotique, son intérêt et sa conduite technique.
  - Le 2<sup>ième</sup> chapitre : donne un aperçu sur l'introduction de quinoa au reste du monde et les perspectives d' *IYQ* 2013.
- ✓ La 2<sup>ème</sup> partie : est divisée en deux chapitres :
  - Le 1<sup>er</sup> chapitre : on va présenter l'historique de l'introduction du quinoa en Algérie en 2013 par le biais de deux projet avec le *FAO* : les régions d'essai, les variétés, la production .etc.
  - Le 2<sup>er</sup> chapitre: c'est une étude et suivi d'un agriculteur bénéficiant de la semence dans la région de *Oued Righ* et une étude économique.

## 2 Généralités sur le quinoa

### 2.1 Origine de quinoa

Le quinoa est une culture indigène originaire de la région andine de l'Amérique du Sud, et plus précisément des alentours du lac Titicaca. Cette zone située entre le Pérou et la Bolivie constitue un ancien centre de civilisation et de domestication des cultures. Cette culture constituait un aliment de base des populations entre 3000 et 5000 ans avant *J.C.*

Historiquement, le quinoa représentait un aliment de base pour les populations précolombiennes qui en consommaient à la fois les feuilles et les graines. Les Incas, conscients de la qualité nutritive de la graine et de ses bienfaits sur la santé, l'élevèrent au rang de « graine sacrée ». Le quinoa fut cependant délaissé lors de l'invasion espagnole au profit du blé ou de l'orge. Sa culture subsista de justesse grâce aux fermes traditionnelles et ne servit alors qu'à la consommation locale.

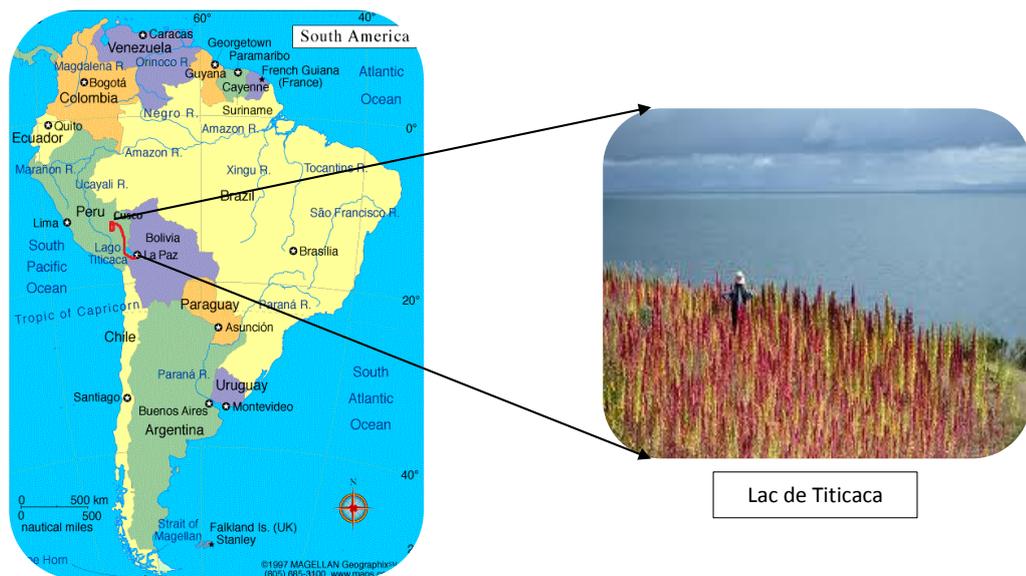


Figure 1 Origine de quinoa

### 2.1.1 Définition et Classification du quinoa

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*.

Au sein de cette famille, le quinoa appartient au genre *Chenopodium*, qui présente une large distribution mondiale et dont le nombre d'espèces n'a cessé d'évoluer au cours de la domestication des cultures (modifications morphologiques et physiologiques sous l'influence de l'environnement, sélection de nouvelles variétés, manipulations génétiques...). Si le nombre de 250 espèces a été annoncé il y a une quarantaine d'années l'espèce est *allotétraploïde* et possède 36 chromosomes (**Gandarillas, 1979 ; Mujica et al., 2001**) in (**Lebonvallet S., 2008**).

Le nom botanique complet du quinoa, *Chenopodium quinoa Willd.*, inclut l'abréviation de l'auteur correspondant à **Carl Ludwig von Willdenow** (1765-1812). On doit à ce botaniste et pharmacien allemand l'étude de nombreuses plantes, dont le quinoa qu'il décrivit le premier en 1797 dans son *Species plantarum* en indiquant qu'il s'agissait d'une espèce originaire d'Amérique du Sud. Cette notion fut ensuite précisée en situant son centre d'origine dans les Andes péruviennes et boliviennes, autour du *Lac Titicaca*

Classification de Cronquist (1981)	
Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsidae
Sous-classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Chenopodiaceae
Genre	Chenopodium
Classification APG III (2009)	
Ordre	Caryophyllales
Famille	Amaranthaceae
Nom binomial	
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd., 1798	

**Tableau 1** classification scientifique du quinoa (FAO, 2013)

### 2.1.2 Les écotypes de quinoa (Marie H, 2015).

#### 1. Le quinoa des zones situées au niveau de la mer

Il provient du sud du Chili, autour de 30°S de latitude, en particulier dans la région de Concepción et de Valdivia. Les plantes poussent dans les régions situées entre le niveau de la mer et 500 mètres d'altitude et sont les mieux adaptées aux conditions humides. Elles sont plus ou moins robustes, de 1 à 1,4 mètres de hauteur, majoritairement non ramifiées, et fleurissent pendant les jours les plus longs. Elles produisent de petites graines plates, jaunes, translucides et riches en saponines.

#### 2. Le quinoa des vallées arides (Junín) et des vallées humides (Cajamarca)

Il provient des vallées andines situées entre 2000 et 3500 mètres d'altitudes (vallées du Sud de la Colombie, l'Equateur, le Pérou et la Bolivie). On peut distinguer deux sous-types : le quinoa issu des cultures irriguées dans

les vallées interandines comme à *Urubamba* (Pérou) et *Cochabamba* (Bolivie) ; et le quinoa poussant dans des conditions pluviales comme à Huaraz, dans la vallée du Mantaro, Ayacucho et Abancay (Pérou). Les plantes sont hautes, certaines atteignant jusqu'à 3,5 mètres, sont adaptées à des températures comprises en 10 et 18°C et ne résistent pas au gel. La plupart sont ramifiées et produisent des grains de petite taille, contenant peu de saponines.

### 3. Le quinoa des zones tropicales

Il provient des vallées interandines de la Bolivie, dans la région des Yungas, à des altitudes comprises entre 1500 et 2000 mètres. Leur adaptation au climat subtropical leur permet de supporter des niveaux plus élevés de précipitation et de chaleur. Les plantes sont de

couleur intense et leur tige à la particularité de prendre une coloration orangée à l'état mature. Les graines sont petites, blanches ou oranges. Elles présentent une longue période de végétation (saison de croissance) de 200 jours.

### 4. Le quinoa des « Salares »

Il provient des vastes déserts de sel du sud de l'altiplano bolivien, de la puna du nord du Chili (frontière avec la Bolivie) et du nord-est de l'Argentine, situés à près de 3000 mètres d'altitude. Les plantes peuvent résister à des conditions extrêmes : des températures de -8°C, des sols alcalins jusqu'à un pH de 8 et une haute salinité. Leur développement initial est rendu possible par la mise à profit de l'humidité des trous creusés au moment des semilles. La culture dans ces régions suit un protocole particulier ; après la récolte le sol reste au repos pendant quatre à huit ans. La diminution de cette période de jachère a des répercussions négatives sur la fertilité des sols. Les

graines sont grosses avec une haute teneur en saponines. La variété la plus représentée est Real.

### 5. Le quinoa des hauts plateaux :

Il provient des régions montagneuses autour du Lac Titicaca où les conditions de culture sont variables. Il y a d'une part des conditions de faibles précipitations et de températures favorables aux abords du Lac Titicaca, près des rivières ou des cours d'eau, d'où sont originaires les variétés Kancolla, Blanca de Julí et Tahuaco. D'autre part, les variétés Cheweca, Ccoitu, Wariponcho, Chullpi et Witulla supportent de plus basses températures et s'adaptent aux hautes plaines, entre 3800 et 4100 mètres. Les plantes sont de petite taille (entre 0,5 et 1,5 mètre de hauteur) avec des tiges droites et présentent une courte période de croissance.

### 2.1.3 Les utilisations de quinoa

Les principales utilisations du quinoa peuvent être résumées comme suit :

- ✓ Alimentation humaine : On peut consommer les graines, les feuilles tendres jusqu'au début de la panicule (teneur en protéines peut atteindre 33% de la matière sèche).
- ✓ Industrie alimentaire : Les grains et la farine de quinoa peuvent servir à la préparation de la plupart des produits de l'industrie de la farine. Le quinoa peut être associé aux légumineuses telles que les fèves, les haricots rouges afin d'améliorer la qualité nutritionnelle.
- ✓ Alimentation animale : La plante entière sert de fourrage vert
- ✓ Utilisations médicinales : Les feuilles, tiges et graines de quinoa servent à diverses applications médicinales grâce à leurs propriétés

cicatrisantes, anti-inflammatoires, analgésiques (mal de dents) et désinfectantes des voies urinaires.

- ✓ Autres utilisations industrielles : Au quinoa est associé toute une gamme de sous-produits destinés à l'alimentation, à la cosmétique, aux applications pharmaceutiques et à d'autres utilisations.

### 2.1.4 La Valeur nutritive de quinoa

Si le quinoa est qualifié de "pseudo-céréale", c'est parce que ses qualités nutritives et ses modes de consommation les plus courants le rapprochent de ceux des graminées (qui regroupe l'essentiel des céréales cultivées), plutôt que de sa famille botanique exacte (les chénopodiacées) comprenant aussi la betterave et les épinards.

Très riche en protéines, en fibres et en minéraux, le quinoa ne contient pas de gluten et présente comme caractéristique majeure le fait de réunir, tout comme la viande, l'ensemble des acides aminés essentiels que le corps humain ne peut synthétiser par lui-même. Il contient environ 15% de protéine et sa composition en acides aminées est mieux équilibrée que celle de la majorité des autres céréales.

	Quinoa *	Blé *,**
<b>Protéines</b>	11,0 - 21.3	12,5
<b>Lipides</b>	5,3 - 8.4	2 - 3
<b>Glucides</b>	53,5 - 74.3	67 - 71
<b>Fibres</b>	2,1 - 4.9	2- 4
<b>Cendres</b>	3,0 - 3.6	1,5 - 2,5
<b>Humidité</b>	9,4 - 13.4	14,5

Sources : \* **Tapia et al. (2000)**/ \*\* **Feillet (2000) in (Marie H, 2015 )**.

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

L'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (*FAO*) a montré que les protéines du quinoa seraient équivalentes, en ce qui a trait à leur qualité, à celle contenues dans le lait maternel du fait des acides aminés essentiels qu'il contient.

Le quinoa a notamment une teneur élevée en lysine un acide aminé souvent manquant dans les céréales.

Le quinoa en ferait un complément parfait pour les légumineuses, qui ont une faible proposition de certains de ces acides aminés essentiels. Il est par ailleurs **sans gluten** et il donc intéressant pour les cœliaques du point de vue des nutriments les plus importants, le quinoa est aussi une excellente source de manganèse, de fer, de cuivre et une bonne source de phosphore, de magnésium, de zinc et de vitamine B2.

Acides aminés essentiels (mg/g de protéines)	Besoins d'un adulte *	Besoins d'un enfant *	Lait entier de vache **	Quinoa ***	Blé **	Soja
Histidine	16	19	27	31	25	28
Isoleucine	13	28	47	53	35	50
Leucine	19	66	95	63	71	86
Lysine	16	58	78	64	31	70
Méthionine + Cystine	17	25	33	28	43	28
Phénylalanine + Tyrosine	19	63	102	72	80	88
Thréonine	9	34	44	44	31	42
Tryptophane	5	11	14	9	12	14
Valine	13	35	64	48	47	52
<b>Total</b>	<b>127</b>	<b>339</b>	<b>504</b>	<b>412</b>	<b>375</b>	<b>451</b>

Sources : Adapté de **FAO (1985) in (Fao ,2015)**

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

### 2.1.5 Les exigences climatiques et la résistance de plante

Le quinoa a l'extraordinaire polyvalence pour s'adapter à différents sols agro-écologiques. Il s'adapte aux climats allant du désert aux climats chauds et secs, peut atteindre des taux d'humidité relative de 40% à 88% et supporte des températures allant de -8 ° C à 38 ° C La culture de quinoa nécessite une photopériode courte et une température basse pour une bonne croissance, elle tolère le gel (-1.0 C°) et par contre sensible à la forte température au stade floraison, celles supérieures à 35C° causent la dormance et la stérilité du pollen.

C'est une plante à utilisation efficace, tolérante à l'eau, résistante au manque d'humidité du sol et permettant des productions acceptables avec des précipitations de 100 à 200 mm. Pour ces caractéristiques en 1996, le quinoa a été classé par la *FAO* parmi les cultures prometteuses de l'humanité.

La répartition géographique du quinoa en Amérique du Sud s'étend du 5e degré de latitude nord à 43 ° de latitude sud (Colombie, Équateur, Pérou, Bolivie, Argentine et Chili) et sa distribution altitudinale s'étend du niveau de la mer à 4 000 m d'altitude.

L'un des effets du réchauffement climatique est la salinisation des sols et la réduction des ressources en eau douce. Le quinoa est un halophyte facultatif. Cela place stratégiquement le quinoa dans une position avantageuse pour les glycoprotéines dans son état secondaire en raison de son aptitude à éviter les graves conséquences d'une forte accumulation de sel. De plus, sa capacité à survivre à des niveaux de salinité supérieurs à ceux de l'eau de mer le rend incomparable et plus adapté que certains autres halophytes soumis à un tel stress abiotique.

### 2.1.6 La morphologie de plante

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

#### 2.1.6.1 Caractères végétatifs

##### 2.1.6.1.1 Les racines

En raison de l'absence d'une période de dormance des graines, la germination du quinoa est extrêmement rapide, elle s'initie en seulement quelques heures en présence d'une humidité de sol adéquate. La radicule s'allonge en première, puis continue de croître pour donner lieu à une racine pivotante pouvant atteindre 30 cm de profondeur et à partir de laquelle vont se développer des racines secondaires et tertiaires, desquelles se forment des radicelles pouvant également se ramifier. Ce système racinaire est très robuste, il peut soutenir des plantes de plus de 2 m de hauteur bien que de rares cas d'affaissement des plants aient pu être observés sous l'effet du vent, d'une humidité excessive ou du poids de leurs panicules.



**Figure 2** Système racinaire du quinoa (**Gandarillas, 1979**)

### 2.1.6.1.2 La tige

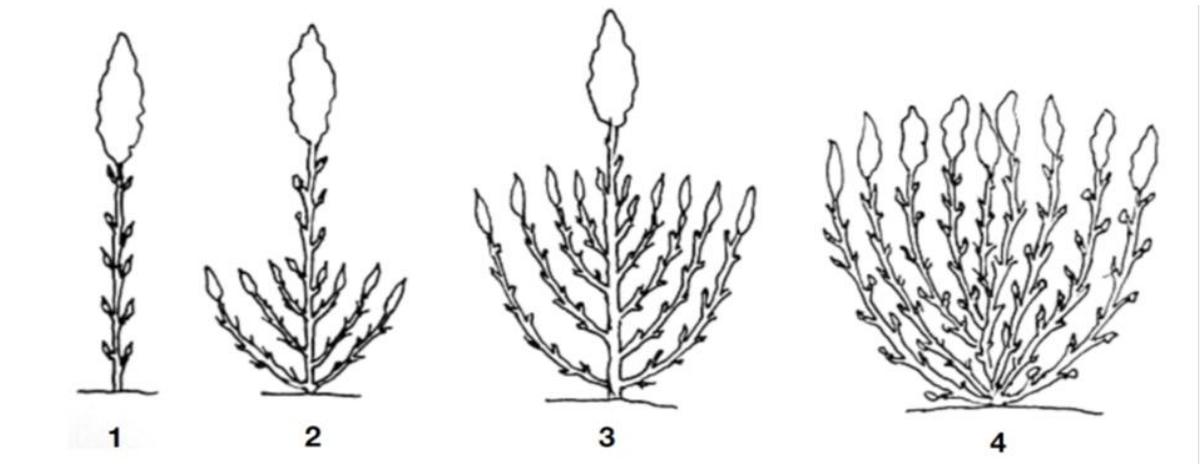
La tige est cylindrique au niveau du collet puis devient plus anguleuse à partir des ramifications avec une position alterne des feuilles le long de chacune des quatre faces. Elle peut être unique ou bien présenter de nombreuses ramifications. Son diamètre varie entre 1 et 8 cm, et sa hauteur entre 50 cm et 2 m, selon les variétés et les conditions de culture comme la densité d'ensemencement ou la fertilisation (**Mujica et al., 2001**).

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

### 2.1.6.1.3 Les ramifications

Les branches naissent à l'aisselle de chaque feuille sur la tige. Leur longueur varie selon la variété et les conditions environnementales, allant de

quelques centimètres jusqu'à une longueur équivalente à celle de la tige principale (**Jacobsen et Stolen, 1993**).



**Figure 3** Types des ramifications de quinoa

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.

### 2.1.6.1.4 Les feuilles

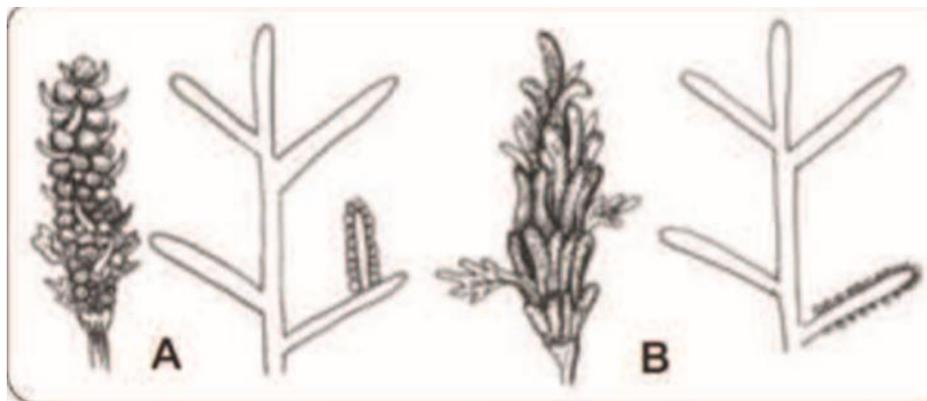
Les feuilles sont alternes et se composent d'un pétiole et d'un limbe. Les pétioles sont longs, fins et cannelés sur la face supérieure et de longueur variable au sein de la même plante. Le plus souvent, les limbes sont plans mais ils peuvent parfois être ondulés. Les feuilles inférieures sont grandes, 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 bétalaïnes qui sont de deux types : bétacyanines (rouge-violet) et bétaxanthines (jaune) (**Gallardo et al., 1996**).

### 2.1.6.2 Caractère floraux

#### 2.1.6.2.1 L'inflorescence

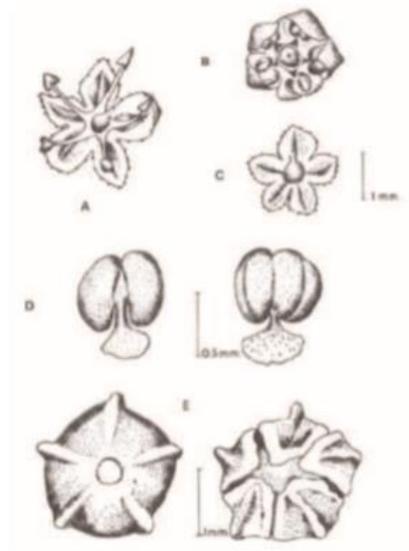
C'est une panicule typique, composée d'un axe central et de branches secondaires, tertiaires et pédicelles qui retiennent les glomérules. L'axe principal est plus développé que l'axe secondaire, il peut être relâché (amarantiforme) ou compact (glomérulé), avec des formes intermédiaires entre eux. La longueur de la panicule est variable, en fonction du génotype, du type de quinoa, de l'endroit où il se développe et des conditions de fertilité du sol, atteignant 30 à 80 cm de long et 5 à 30 cm de diamètre. Le nombre de glomérules par panicule varie de 80 à 120 et le nombre de graines par panicule de 100 à 3 000, certaines grandes panicules produisant jusqu'à 500 grammes de graines par inflorescence (**Vidal Apaza et al., 2015**).



**Figure 4** Forme d'inflorescence de quinoa, A) glomérulaire ; B) amarantiforme (**Tapia et Fries, 2007**)

### 2.1.6.2.2 Les fleurs

Tous les membres de la famille des Chenopodiaceae, y compris le genre *Chenopodium*, présentent des fleurs incomplètes, sessiles et dépourvues de pétales (**Jacobsen et Stolen, 1993 in**). 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 (**Marie Herbillon, 2015**)

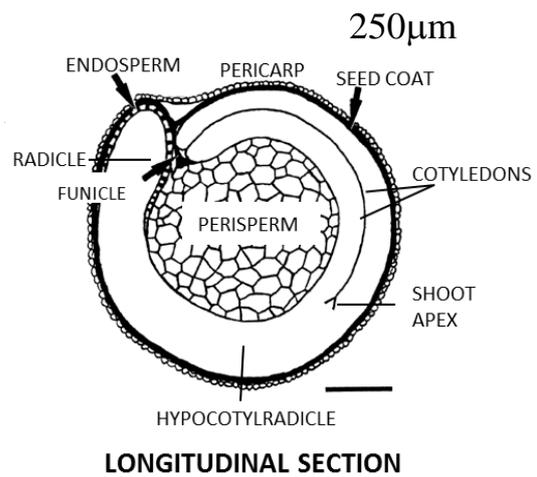
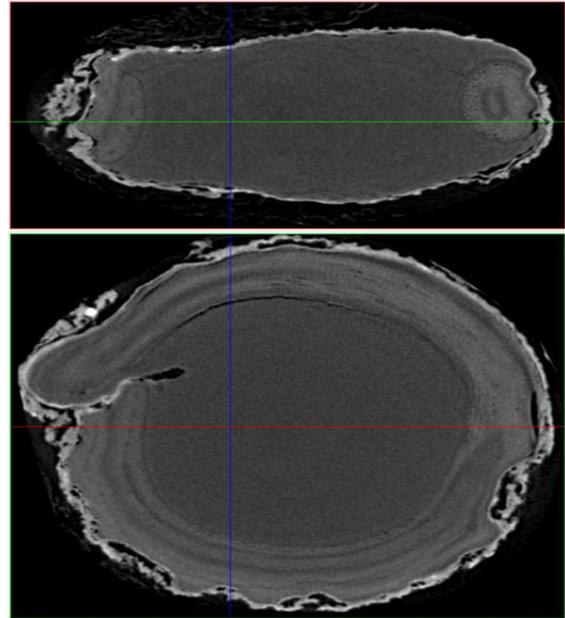


A) Fleur hermaphrodite en période d'anthèse ; B) Fleur hermaphrodite avant l'anthèse ;  
C) Fleur femelle ; D) Etamine avant la déhiscence, vue interne et externe, respectivement ;  
E) Fruit recouvert par le périgone, vue ventrale et dorsale, respectivement

**Figure 5** Fleurs hermaphrodites et femelles du quinoa  
(**Marie Herbillon, 2015**)

### 2.1.6.2.3 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.



La graine : les grains de taille proche à celle de millet (1,75 à 2mm) sont produits sur des panicules et sont de forme aplatie sur deux cotés et arrondie autour.

**Figure 6** Structure interne de la graine de quinoa (section médiane longitudinale)  
(Prego et al., 1998)

La couleur varie en fonction de la teneur de Saponine du péricarpe, l'embryon occupe 60% du volume de l'endocarpe ce qui donne à la graine une richesse de protéine supérieure à celle de toute les céréales.

### 2.1.6.2.4 La saponine

Les saponines constituent un groupe de composés glycosidiques naturels largement distribués dans le règne végétal. Ces composés ont en commun la propriété d'être soluble dans l'eau et de former des solutions moussantes après agitation, Leur nom provient d'une plante appelée saponaire (*Saponaria officinalis* L.) dont la racine a largement été utilisée depuis des siècles comme savon, Les plantes contenant des saponines sont ainsi recherchées pour une utilisation dans les produits ménagers (**Bruneton, 2009**).

Les saponines sont tout d'abord des métabolites secondaires dont la fonction première est de protéger la plante des agressions naturelles en s'accumulant dans les régions les plus exposées à l'attaque des champignons, des insectes ou des oiseaux. Elles ont ainsi été détectées dans toutes les parties de la plante de quinoa, les feuilles, les fleurs, les fruits, et l'enveloppe des graines.

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

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

### **2.1.7 Les stades phénologique de quinoa**

#### **2.1.7.1 Levée**

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

#### **2.1.7.2 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 cotylédonaire, lancéolées. Elles sont très sensibles aux attaques d'insectes.

#### **2.1.7.3 Quatre feuilles vraies**

La deuxième paire de feuilles vraies se déploie 25 à 30 jours après le semis. Les feuilles cotylédonaire 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.

#### **2.1.7.4 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 cotylédonaire commencent à se flétrir. L'apex végétatif est nettement protégé par les feuilles les plus âgées, en particulier lorsque la plante est soumise à un stress (thermique, hydrique ou salin).

### **2.1.7.5 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 cotylédonaire, jaunies, tombent et laissent une cicatrice sur la tige. L'inflorescence n'est pas encore visible, recouverte et protégée par les feuilles.

### **2.1.7.6 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 photosynthétiquement active. La tige s'allonge et son diamètre augmente.

### **2.1.7.7 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.

### **2.1.7.8 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.

### **2.1.7.9 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.

### **2.1.7.10 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.

### **2.1.7.11 Grain pâteux**

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

### **2.1.7.12 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.

## **2.1.8 Les pratiques agricoles du quinoa**

### **2.1.8.1 Le semis**

Le quinoa pousse bien 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 pas souvent que les températures sont élevées ; Une semaine de vernalisation à 4 C° dans un réfrigérateur améliore significativement le taux de levée.

#### **2.1.8.1.1 La date de semis**

La date de semis est variée selon la région mais il faut tenir compte dans le choix de la date des jours courts, des températures fraîches et éviter les

hautes températures (+35 C°) au stade floraison, le quinoa sera semé dès que les températures nocturnes ne seront plus inférieures à 5 °C.

### **2.1.8.1.2 Mode et dose de semis**

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

### **2.1.8.2 La fertilisation**

La fertilisation azotée peut aller jusqu'à 140 u/ha, 100 u de Phosphore et 200 u de potassium, un apport excessif d'azote retarde la maturation et diminue le rendement au profit de la croissance végétative.

### **2.1.8.3 Contrôle des mauvaises herbes**

Le contrôle des mauvaises herbes n'est pas sans difficulté puisque le quinoa pousse très longtemps pendant les deux premières semaines et que la majorité des espèces adventices sont des dicotylédones. Les herbicides de préémergence sont les plus préconisés. Le semis tardif favorise la compétition entre espèces. Le semis précoce est par contre un moyen plus efficace pour lutter contre plusieurs espèces puisque la culture de quinoa est déjà établie leur émergence.

La première chose à faire est de réaliser des faux semis, en diminuant chaque fois bien la profondeur de travail du sol, pour ne pas remonter des graines non germées dans le lit de germination.

Le semis, avec un interligne de plus de 35 cm, permettra de biner la culture jusqu'à la fermeture des lignes. Sinon, la herse étrille ou la houe rotative peut être utilisée à 6 feuilles, si c'est nécessaire.

#### 2.1.8.4 Les principales maladies et ravageurs

##### 2.1.8.4.1 Mildiou

Le mildiou du quinoa, **Peronospora farinosa** est un mycète qui attaque principalement les feuilles, réduisant ainsi la surface photosynthétique de la plante, ce qui affecte son développement et son rendement. Les attaques sévères résultant en une



**Figure 7** Le mildiou de quinoa (**Tichoux Benoit ,2013**).

défoliation massive peuvent occasionner des pertes considérables voir totales de production. Ce mycète survit dans le sol sous forme d'oospores durant 2 à 3 ans et sous forme de mycélium dans les grains. Les plantes infectées produisent des sporanges sur la surface inférieure des feuilles qui contaminent les plantes avoisinantes. La propagation de l'infection peut être très rapide. Bien qu'il attaque surtout les feuilles, il peut également attaquer les tiges, les branches et les inflorescences. L'humidité et les basses températures favorisent son incidence (**Martinez et al., 2013 in Tichoux Benoit ;2013**).

##### 2.1.8.4.2 Larve « Quema-Quema »

La chenille de lépidoptère diurne « Quema Quema » attaque les tiges et feuilles



**Figure 8** Larve « Quema Quema »

des jeunes pousses tendres, entraînant souvent leur destruction complète.

### 2.1.8.4.3 Larve « Polilla de la quinoa »

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



**Figure 9** Larve « Polilla de la Quinoa

### 2.1.8.4.4 Oiseaux

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

### 2.1.8.5 La récolte

Il y a deux techniques possibles pour récolter le quinoa :

- Soit la plante est bien sèche, alors la parcelle sera moissonnée de manière classique.
- Soit la plante est encore un peu verte et proche de la maturité. La parcelle sera d'abord fauchée avec une table faucheuse/andaineuse. Lorsque l'andain est sec, il sera repris avec une moissonneuse munie d'un tapis (batteuse à graminée).

Le quinoa peut vite germer sur pied. Si la saison est pluvieuse, cette technique de récolte accélérera le dessèchement de la plante.

Une fois récolté, il faudra sécher la graine rapidement (< 14 % d'humidité). Un triage sera nécessaire pour la suite des opérations de conditionnement et de transformation

### 2.2 Le quinoa dans le monde

Le quinoa connut une longue période de production et de consommation marginalisée qui se poursuivit jusqu'au 20ème siècle. Le déclin de la culture fut marqué, entre autres, par une baisse des surfaces de production. Au Pérou, par exemple, l'aire de culture du quinoa diminua de plus des deux tiers en passant de 47000 à 15000 hectares entre 1947 et 1975.

Il aura donc fallu attendre la fin des années 1970 pour que le monde redécouvre cette culture tombée dans l'oubli. A cette époque, les mentalités changent et la tendance est à la modification des habitudes alimentaires vers une nourriture plus saine. Si la plante étonne par ses qualités agronomiques qui lui permettent de résister à des conditions climatiques défavorables, elle intéresse surtout pour ses nombreuses qualités nutritionnelles, comme une haute teneur en protéines et une excellente balance en acides aminés essentiels. Ces dernières années, le quinoa a d'ailleurs fait l'objet de nombreuses études qui valident sa valeur alimentaire. D'abord cantonné à de petits magasins d'importation, le quinoa a finalement trouvé sa place dans la grande distribution des pays industrialisés grâce au développement du commerce équitable.

Encore limitée à certaines zones, la production de quinoa n'est pas en mesure de répondre à la demande croissante du monde entier. Une des stratégies est l'expansion de la culture du quinoa dans les autres continents, en particulier les régions d'Afrique et d'Asie où la production alimentaire est menacée par le changement climatique et la désertification. Une deuxième stratégie consiste en la diffusion des informations concernant la valeur du quinoa sur la santé, les utilisations, la biodiversité et les méthodes de culture durables (Graf et al., 2015b).

Conscient de ces besoins, l'Assemblée générale des Nations Unies proclame 2013 « Année Internationale du quinoa » (Figure) en l'honneur des peuples andins qui ont su, par leur savoir-faire et leur mode de vie en harmonie avec la nature, sauvegarder et préserver cet aliment pour les générations présentes et futures (FAO, 2012, 2014). En faisant la promotion de ses qualités nutritionnelles, de ses bienfaits pour la santé et de sa capacité d'adaptation aux variations climatiques, l'ONU espère attirer l'attention du monde entier sur le rôle que pourrait jouer le quinoa dans la lutte contre la faim et l'insécurité alimentaire.

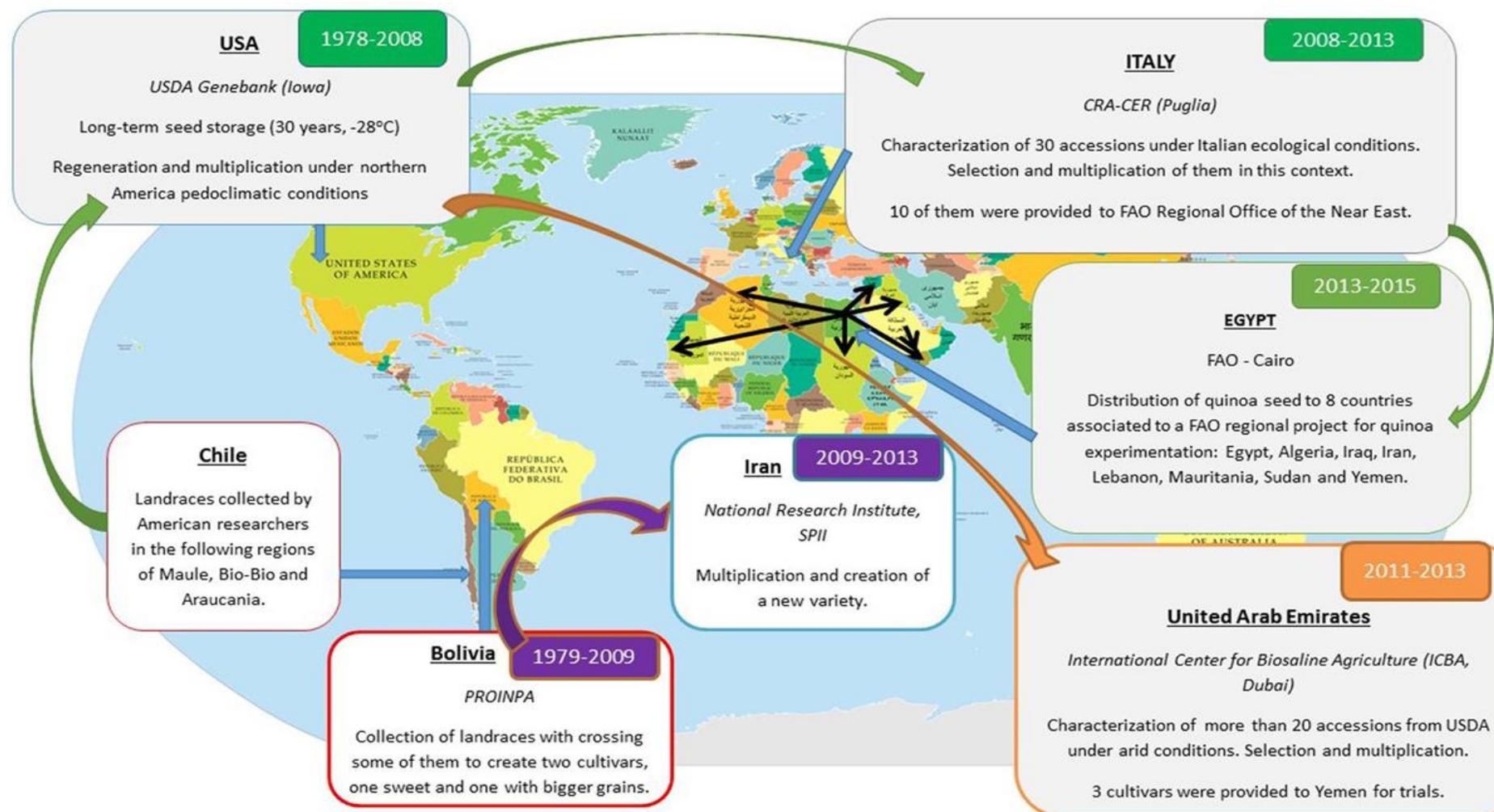
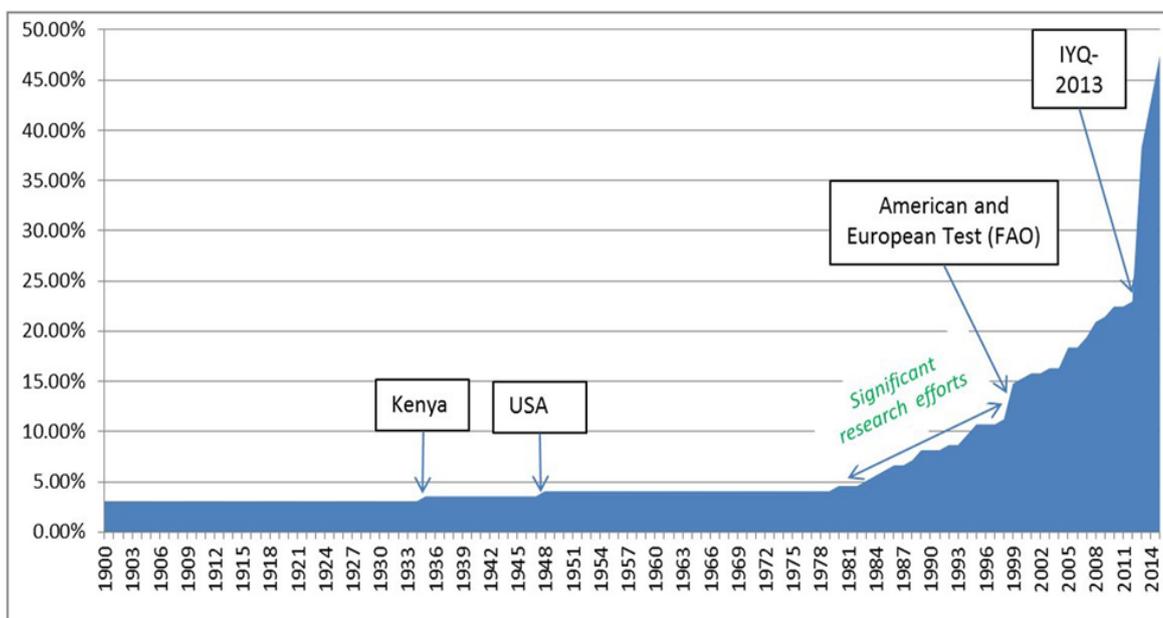


Figure 10 Mouvement du quinoa dans le monde (Bazile,2014)

## 2.3 Perspectives depuis l'année internationale du quinoa IYQ 2013

Les premiers stades de l'expansion ont révélé l'intérêt des pays importateurs et des consommateurs pour l'adaptation du quinoa à leur environnement, par exemple aux États-Unis d'Amérique, au Canada, en France, au Royaume-Uni et aux Pays-Bas. Une nouvelle étape de la propagation mondiale du quinoa a commencé ces dernières années dans le cadre de la lutte contre le changement climatique et la salinisation des terres agricoles. L'expansion s'est étendue au continent asiatique en Inde, au Pakistan et en Chine, suivis de l'Australie et des pays riverains de la mer Méditerranée et de l'Afrique du Nord.



**Figure 11** Développement du nombre de pays cultivant le quinoa dans les années

L'expansion de la culture de quinoa se poursuit, avec plus de 20 pays à la recherche de semences à expérimenter en année 2013. À chaque étape de la propagation mondiale du quinoa, le nombre de centres de recherche étudiant la culture et réalisant des expériences a augmenté. La coopération internationale a généré de nombreux projets différents et des stations de recherche ont été installées dans le monde entier, mais restent en grande partie inconnues car elles n'étaient opérationnelles que pendant la mise en œuvre du projet. Une analyse des publications scientifiques des 30 dernières années met en évidence cinq sujets particulièrement importants pour les chercheurs (Bazile, 2013):

- Nutrition et diététique (gluten ou saponines)
- Agronomie
- Botanique et physiologie végétale
- Biotechnologie alimentaire
- Biochimie

### **2.4 Les producteurs du quinoa au monde**

Selon le ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation (MINAGRI en espagnol), le Pérou reste le premier producteur de quinoa, avec une production d'environ 80 000 tonnes en 2016. Les statistiques de la FAO indiquent que ce chiffre représente 53,3% du volume mondial, dépassant la Bolivie (44%) et Équateur (2,7%).

Les principales régions productrices de quinoa du pays sont Ayacucho, Huancavelica, Junín, Cusco, Apurímac, Arequipa et Puno, les dernières en tête de liste (35 166 tonnes, soit 44,4% de la production du Pérou).

En termes d'exportations, le Pérou continue de se distinguer comme premier exportateur de quinoa au monde depuis 2014. Selon TRADE MAP, ce pays a vendu 44 300 tonnes de quinoa sur le marché international en 2016, soit 47,3% du quinoa. Exportations dans le monde entier. Derrière le Pérou se trouvent la Bolivie avec 31,4%, les États-Unis avec 5,6% et les Pays-Bas avec 3,6%.

À la mi-décembre 2017, les chiffres d'exportation de quinoa montraient que le Pérou restait le principal exportateur, avec un total de 45 500 tonnes, soit une augmentation de 1,9% par rapport à l'année précédente.

Selon Monsieur Didier BAZILE expert de quinoa français en Février 2019, que la superficie mondiale de quinoa est estimée d'environ 320.000 hectares

### 3 Introduction du quinoa en Algérie

#### 3.1 1<sup>er</sup> projet : 2014-2016

##### 3.1.1 Titre de Projet

Assistance technique pour l'introduction du Quinoa et appropriation/institutionnalisation de sa production en Algérie, Egypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan et Yémen.

##### 3.1.2 Durée de projet

Il a été lancé en novembre 2013 et l'atelier final a été programmé du 26 au 29 octobre 2015. Cet atelier avait pour objectifs la présentation et la discussion des réalisations des pays participants à ce projet.

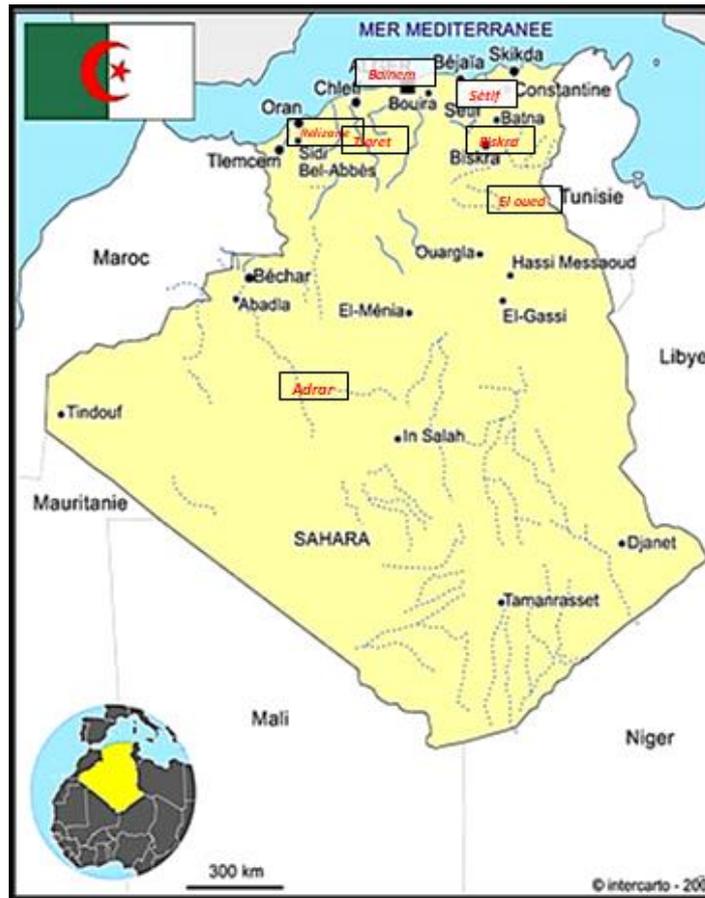
Le projet était coordonné, au niveau national, par Madame **HAMANA Malika** (DFRV) et Monsieur **SOUICI Djamel** étai désigné comme consultant national (FAO) chargé de la recherche et de la production.



Figure 12 Carte des pays participants au projet d'introduction de quinoa Bazile,2014

### 3.1.3 Les sites d'essais

En Algérie 08 sites ont été choisis au niveau des différentes régions agro-écologiques, pour l'implémentation des essais. Il s'agit de *Bainem* (Alger), *Setif*, *Guelma*, *Tiaret*, *Relizane*, *Biskra*, *El Arfiane* (El Oued) et *Adrar*.



**Figure 13** Localisation des sites des essais d'introduction de quinoa en Algérie ( FAO,

### 3.1.4 Les variétés testées

**Tableau 4** Seize (16) variétés ont été testées.

Numéro	Code	Lignée/variété	Source
1	Q101	Amarilla Marangani	Pérou
2	Q102	Amarilla Sacaca	Pérou
3	Q103	Blanca de Junin	Pérou
4	Q104	Kancolla	Pérou
5	Q105	Salcedo INIA	Pérou
6	Q26	/	Chile
7	Q27	/	Chile
8	/	Giza 01	Egypt
9	Q22	/	Chile
10	Q12	/	Chile
11	Q18	/	Chile
12	Q21	/	Chile
13	Q29	/	Chile
14	/	Sajama	Bolivie
15	/	Santa Maria	Bolivie
16	/	Giza 2	Egypte

**Les instituts impliqués dans le projet :** INRAA, ITGC, INSID, INPV, INRF et ITDAS

Deux périodes de semis ont été programmées : Automne 2014 et printemps 2015 en tenant compte les paramètres suivant :

Le choix des dates de semis pour chaque région est fait en fonction des facteurs suivants :

- ✓ Le cycle végétatif de la variété (La somme des températures).
- ✓ Le nombre de jours du semis à la formation complète des panicules.
- ✓ Le nombre de jours du semis à la floraison.

- ✓ Période des gelées (début et Fin) sachant que les basses températures et les gelées peuvent retarder la levée ou même empêcher la germination et entravent la fécondation.
- ✓ Période des températures supérieures à 30°C (début) qui agissent négativement sur la fécondation.
- ✓ Périodes des vents violents.

### **3.2 Les résultats de projet dans la région d'Oued righ**

#### **3.2.1 Objectif**

L'essai a comme objectif de tester l'adaptation des variétés (populations) de Quinoa dans les caractéristiques agro écologiques de la région d'Oued Righ.

#### **3.2.2 Localisation**

La ferme de démonstration et de production de semence d'El-Arfiane est située dans la vallée de l'OUED-RIGH, commune de Tindela, Daïra de Djamaa et wilaya d'El-oued.

#### **3.2.3 Année de l'essai**

Il s'étend sur deux ans 2014-2015.

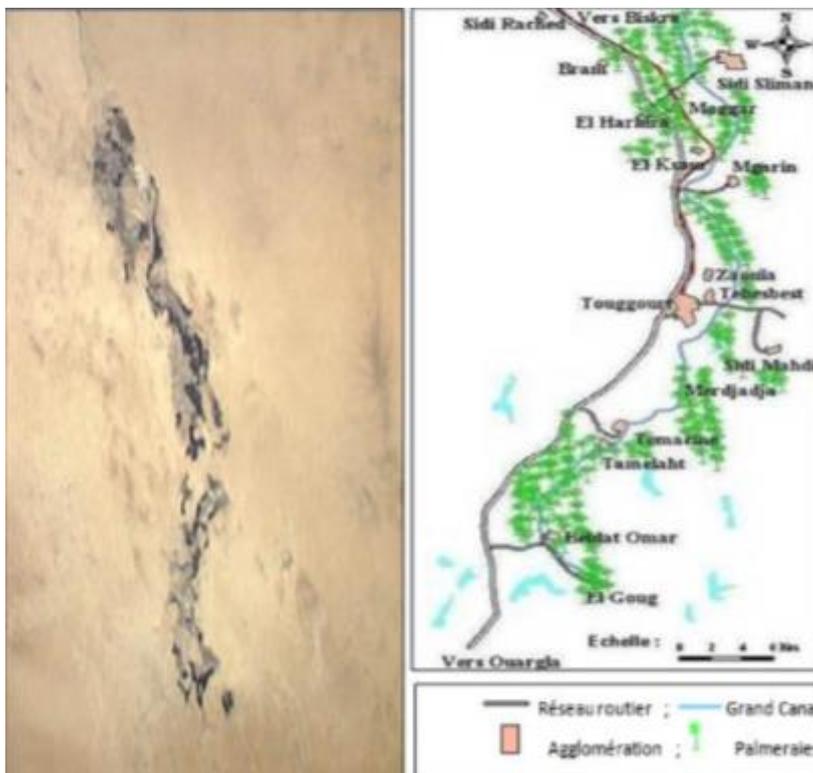
#### **3.2.4 Caractéristiques de site El Oued station El Arfiane**

##### **3.2.4.1 Présentation de la région**

La ferme de démonstration et de production de semence d'El-Arfiane est située dans la vallée de l'OUED-RIGH, à 60 kms de au nord de Touggourt.

La région dite « Oued-Righ » dans le Sahara algérien septentrional, est connue par le développement considérable de ses oasis qui produisent des dattes bonnes qualité.

Ces oasis sont alignées du Nord au Sud, en partant de l'importante Oasis d'Ourir jusqu'à celle de Témacine, sur une longueur de 150 Km environ. La largeur de la zone varie entre 20 et 30 Km, Cette zone dépressionnaire est bordée au Nord par les Ziban, à l'Est par les grands alignements dunaires de l'erg oriental, au Sud par les oasis d'Ouargla, à l'ouest par la dépression de Dzioua, (HAFOUA, 2005).



**Figure 14** Photo satellite de la région Oued Righ Schéma géographique du haut et moyen

(Site Internet : [www.rove.to/alegeria](http://www.rove.to/alegeria)).

### Coordonnées Géographiques :

- ✓ Altitude : 25 m
- ✓ Latitude : 33°, 7 N
- ✓ Longitude : 06°, 00 E

### Caractéristiques du Sol :

- ✓ Texture : sablo-limoneuse
- ✓ pH : 7,9
- ✓ EC : 6,11 dS/m

### Caractéristiques de l'Eau d'Irrigation :

- ✓ EC : 12,8 dS/m
- ✓ pH : 7,4

### Caractéristiques du Climat :

- ✓ Moyenne annuelle des précipitations : 50 mm
- ✓ Moyenne annuelle des températures : 28° C
- ✓ Minimum absolue des températures minimales : -03° C
- ✓ Maximum absolue des températures maximales : 49° C
- ✓ Moyenne annuelle de l'évapotranspiration : 2107 mm

## 3.2.5 Méthodologie

### 3.2.5.1 Itinéraire technique

#### 3.2.5.1.1 Préparation du sol

- ✓ Le Labour

Il été réalisé à la fin de l'été (Fin Mai), cette opération consiste à retourner la terre à une profondeur comprise entre 25 et 30 cm.



**Figure 15** Labour le site d'essais

### 3.2.5.1.2 Préparation des parcelles

La préparation des parcelles d'essai à la fin du mois de juin.



**Figure 16** Préparation des parcelles d'essai

### 3.2.5.1.3 Fertilisation

#### ✓ Fumure de fond

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

- **Le phosphore** est apporté à la dose de **92 Unités/ha**.
- **Le potassium** est apporté à la dose de **50 Unités/ha**.

### ✓ Fumure d'entretien

La quantité d'azote à apporter est de **100 Unités/ha** et sera fractionnée en six apports :

- 1<sup>er</sup> apport au stade deux feuilles
- 2<sup>ème</sup> apport au stade six feuilles
- 3<sup>ème</sup> apport au stade ramification
- 4<sup>ème</sup> apport au stade début- formation des panicules
- 5<sup>ème</sup> au stade panicules
- 6<sup>ème</sup> apport au stade grain laiteux

### 3.2.5.1.4 Irrigation

Gravitaire submersion, on a installé un compteur volumétrique pour calculer les doses d'irrigations apportées.



**Figure 17** Type d'irrigation et le compteur d'eau

### 3.2.5.1.5 Semis

- ✓ Date de semis
  - La première année : 24/09/2014
  - La deuxième année : 17/09/2015

### ✓ Techniques de semis :

- Les semences : Mettre les semences au frigo pendant une semaine avant le semis, afin d'améliorer le taux de levée.
- Préparation des poquets (tourbe + sable ou sol agricole) 50% et 50%. Enlevez le sol initial, une pleine main, et déposez le mélange.
- Semez deux graines par poquet, en ligne, à la main, à une profondeur de 1 à 2 cm et recouvrir avec le mélange (tourbe + sable), faite passer un rouleau à la fin du semis ou bien damer avec les pieds.
- Il est conseillé que tout l'essai soit semé par la même personne, dans la même journée.

### ✓ Dispositif expérimental

Le dispositif des bocs aléatoire a été choisi, avec trois répétitions.

- La première année : Nombre de répétitions : 03 et Nombre de traitements : 11 variétés
- La deuxième année : Nombre de répétitions : 03 et Nombre de traitements : 15 variétés



**Figure 18** Dispositif des blocs expérimental

### 3.2.5.2 Matériels végétal

Les 11 variétés testées la 1<sup>ère</sup> année et 15 variétés la 2<sup>ème</sup> année sont mentionnés sur le tableau suivant

**Tableau 5** Le matériel végétal des essais d'introduction de quinoa en Algérie

Les variétés de la première année d'essai			Les variétés de la deuxième année d'essai		
Identificateur	Code	Source	Identificateur	Code	Source
V1	Q21	USDA	V1	Q101 (Amarilla Marangani)	Pérou
V2	Q12	USDA	V2	Q102 (Amarilla Sacaca)	Pérou
V3	Q29	USDA	V3	Q103 (Blanca d e Junin)	Pérou
V4	Q18	USDA	V4	Q104(Kancolla)	Pérou
V5	Q26	USDA	V5	Q105 (Salcedo INIA)	Pérou
V6	Q22	USDA	V6	Q26	ITDAS
V7	Q27		V7	Q27	ITDAS
V8	Giza 01	Egypte	V8	Giza 01	ITDAS
V9	Giza 02	Egypte	V9	Q22	ITDAS
V10	Sajama	Iran	V10	Q12	ITDAS
V11	Santa Maria	Iran	V11	Q18	ITDAS
V12	/	/	V12	Q21	ITDAS
V13	/	/	V13	Q29	ITDAS
V14	/	/	V14	Sajama	ITDAS
V15	/	/	V15	Santa Maria	ITDAS

### 3.2.6 Résultats

#### 3.2.6.1 Suivi de l'irrigation

La quantité d'eau consommée par le quinoa, cultivé sous palmiers, au cours du cycle végétatif et irriguée par submersion, à El Arfiane (El Oued) est de 5437 m<sup>3</sup>/ha en première année de l'essai et de 2897.6 m<sup>3</sup>/ha en deuxième année.

On note que la quantité d'eau apportée la deuxième année est presque la moitié de celle de la première année avec moins de fréquences.

### 3.2.6.2 Suivi de la salinité

- **L'eau** : prélèvement faite chaque mois.

**Tableau 6** la salinité d'eau d'irrigation

Mois	CE (ds/m)
Septembre	11.75
Octobre	11.8
Novembre	11.87
Décembre	12.05

- **Le sol** : 2 prélèvements sont faites avant le semis et après la récolte.

**Tableau 7** la salinité des sols avant le semis

	CE H1 (20cm) ds/m	CE H2 (40cm) ds/m
<b>Bloc1</b>	2.91	3.17
<b>Bloc2</b>	2.99	3.48
<b>Bloc3</b>	3.29	3.19

**Tableau 8** la salinité des sols après la récolte

	CE H1 (20cm) ds/m	CE H2 (40cm) ds/m
<b>Bloc1</b>	3,39	3,55
<b>Bloc2</b>	3,30	3,72
<b>Bloc3</b>	2,98	3,30

Selon la classification FAO, les sols et les eaux sont classés très salés et déconseillés pour les cultures non tolérantes et on observe aussi que la salinité des sols augmente vers les profondeurs des horizons après la récolte et ça est expliqué par les quantités d'eau énorme chargées des sels arrivées par le mode d'irrigation submersion.

## 3.2.6.3 Les stades phénologiques (Nombre de jours depuis le semis)

✓ Année 2014/2015

**Tableau 9** les stades phénologiques (nombre de jours depuis semis).

Stade Variété	Levée	2 feuilles	4 feuilles	6 feuilles	Ramification	Début de formation de panicule	Panicule	Début floraison	Floraison	Grain laiteux	Grain pâteux	Maturité (Jours)
<b>V1 (Q21)</b>	7	11	14	18	22	33	39	47	53	64	83	<b>102</b>
<b>V2 (Q12)</b>	7	11	14	18	22	33	39	47	53	64	83	<b>102</b>
<b>V3 (Q29)</b>	7	12	18	21	25	41	43	50	60	70	88	<b>106</b>
<b>V4 (Q18)</b>	7	11	14	18	22	33	39	47	53	64	83	<b>102</b>
<b>V5 (Q26)</b>	7	11	14	18	22	33	39	47	53	64	83	<b>102</b>
<b>V6 (Q22)</b>	7	12	18	21	25	41	43	50	60	70	88	<b>106</b>
<b>V7 (Q27)</b>	7	12	18	21	25	41	43	50	60	70	88	<b>106</b>
<b>V8 (Giza1)</b>	5	8	12	18	22	32	36	46	53	64	78	<b>92</b>
<b>V9 (Giza2)</b>	21	25	30	35	39	47	53	58	62	82	92	<b>111</b>
<b>V10 (Sajama)</b>	12	19	25	29	37	45	53	58	67	77	90	<b>106</b>
<b>V11 (Santa Maria)</b>	12	20	25	30	37	45	53	58	67	77	90	<b>106</b>

✓ Année 2015/2016

Une hétérogénéité dans le développement de la culture a été observée, ce qui a influé négativement sur la détermination des stades phénologiques de chaque variété.

### 3.2.6.4 Suivi des maladies

Toutes les maladies ou attaques détectées lors de l'essai sont résumées dans ce tableau pour les deux ans.

**Tableau 10** suivi de l'état phytosanitaire de quinoa

Maladie/insecte /ravageur	Photos	Remarque
La courtilière		Un traitement à base de DIAZINON 60%.
La noctuelle désolatrice		BULLDOCK (Bétacyfluthrine )
Les psylles		un traitement à base de Bétacyfluthrine
Les mouches mineuses		Les traitements à base de deltamethderine et Bétacyfluthrine

3.2.6.5 Les stades phénologiques par photo :

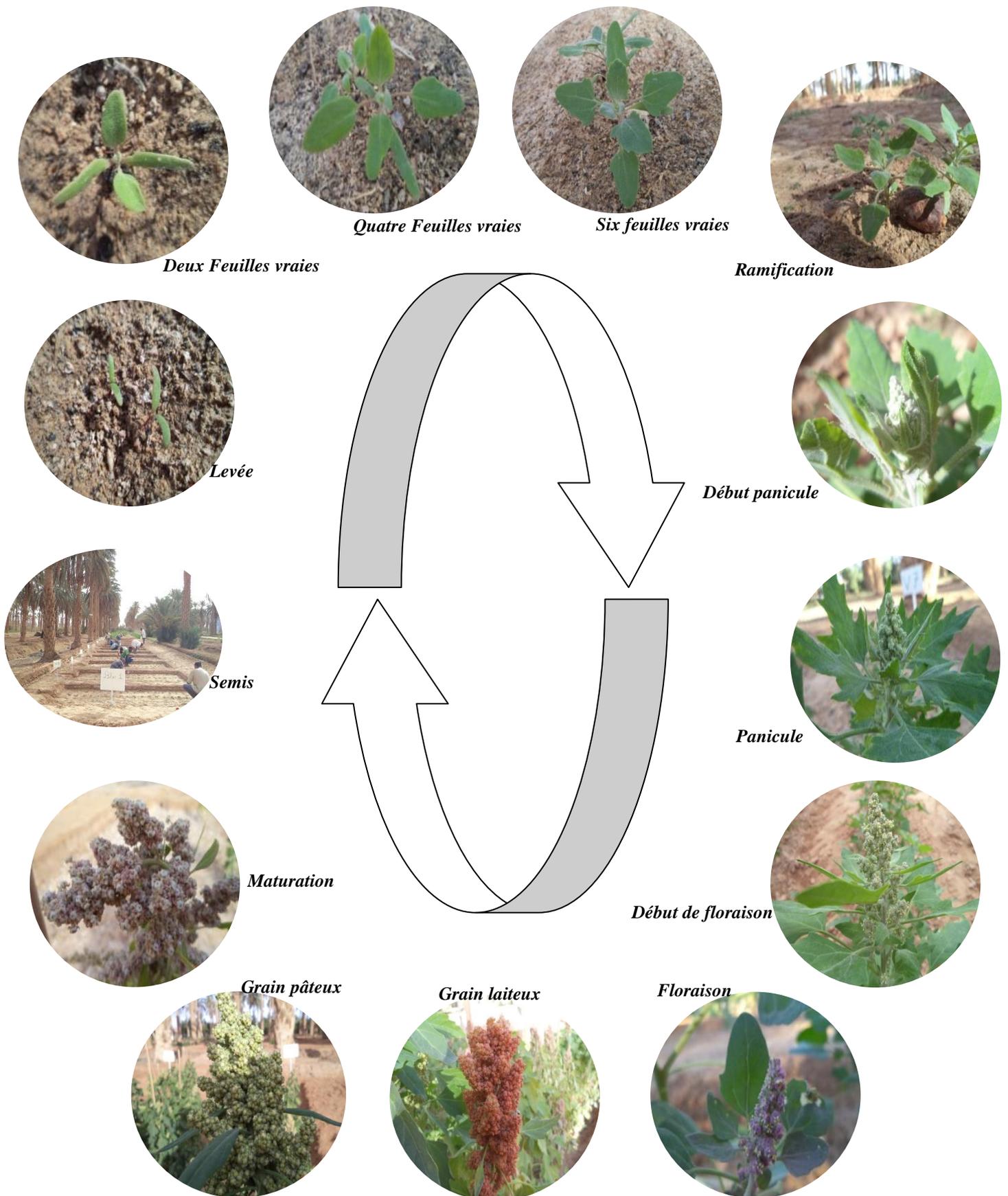


Figure 19 les différents stade phénologique de quinoa

### 3.2.6.6 La récolte

L'opération est faite manuellement

**En première année** ; La récolte a débuté la dernière semaine de Décembre et s'est terminée vers la fin du mois de Janvier. La récolte, le battage, le tamisage et le nettoyage ont été réalisés manuellement.

**En deuxième année** : du 30/12/2015 jusqu'au 17/02/2016 suivant la maturité des variétés.

A la récolte les plants n'étaient pas totalement secs. Ils ont été déposés dans un lieu sec et ventilé jusqu'à leur dessèchement total.



**Figure 20** La récolte de Quinoa

### 3.2.6.7 Battage et finage de quinoa

#### ✓ 1<sup>er</sup> année : Opération Manuelle

Après le séchage complète de quinoa ; on a le battu manuellement, les grains ont été séparé facilement de leur enveloppe après ils sont passé par le tamis pour éliminer les déchets.



**Figure 21** le battage et le nettoyage manuel de quinoa après la récolte

#### ✓ 2<sup>ème</sup> année : mécanique.

Après leur séchage total, les gerbes de quinoa ont été battues mécaniquement à l'aide d'une batteuse artisanale chez un privé.



**Figure 22** Battage mécanique de quinoa

### 3.2.6.8 Estimation des rendements

✓ **Compagne 2014/2015**

**Tableau 11** Le rendement en grains 2014-2015.

<b>Variété</b>	V1 (Q21)	V2 (Q12)	V4 (Q18)	V5 (Q26)	V8 (Giza1)
<b>Rendement (Qx/ha)</b>	3.18	6.81	7.76	4.37	6.81

**Tableau 12** Le poids de mille grains (PMG) 2014-2015

<b>Variétés</b>	<b>V1 (Q21)</b>	<b>V2 (Q12)</b>	<b>V3 (Q29)</b>	<b>V4 (Q18)</b>	<b>V5 (Q26)</b>	<b>V6 (Q22)</b>	<b>V7 (Q27)</b>	<b>V8 (Giza1)</b>	<b>V10 (sajama)</b>	<b>V11 (santa maria)</b>
<b>PMG (gr)</b>	3.13	3.14	3.06	2.83	3.45	2.79	3.05	2.87	2.36	2.47

**Tableau 13** Résultats de l'essai par variée, 2014/2015

Variables Variétés	Rendement (g/m <sup>2</sup> )	Biomasse Sèche (g/m <sup>2</sup> )	Poids de 1000 grains (g)	Nombre Ramification par plant	Indice de récolte	Nombre de panicules par plant	Hauteur moyenne (cm)	Durée de cycle (Jours)
V1 (Q21)	31.77	98	3.07	7.66	0.32	16.33	57.33	102
V2 (Q12)	68.06	209.83	2.57	9.33	0.32	17.33	61.2	102
V3 (Q29)	/	/	2.90	8.33	/	17	63.5	106
V4 (Q18)	77.63	199.25	2.62	6.67	0.39	16.33	52.3	102
V5 (Q26)	43.72	136.75	2.78	7	0.32	16.66	67	102
V6 (Q22)	/	/	2.52	8	/	17.33	63	106
V7 (Q27)	/	/	2.77	8.66	/	16.33	58.8	106
V8 (Giza1)	68.14	189.83	2.58	10	0.36	18.66	64.93	92
V9 (Giza2)	/	/	5.21	/	/	/	/	111
V10 (Sajama)	/	/	3.81	4.33	/	/	/	106
V11(Santa maria)	/	/	4.16	/	/	/	/	106
Moyenne	<b>57.86</b>	<b>166.73</b>	<b>3.17</b>	<b>7.77</b>	<b>0.34</b>	<b>17</b>	<b>61.00</b>	<b>103.73</b>
Ecart type	<b>24.19</b>	<b>61.74</b>	<b>0.25</b>	<b>0.84</b>	<b>0.04</b>	<b>0.51</b>	<b>3.12</b>	<b>2.31</b>
CV	<b>19.51</b>	<b>17.24</b>	<b>6.62</b>	<b>15.28</b>	<b>8.12</b>	<b>13.42</b>	<b>18.85</b>	/
PPDS à 5%	<b>21.25</b>	<b>54.13</b>	<b>0.36</b>	<b>2.06</b>	<b>0.05</b>	/	/	/
Décision	<i>Il y a des différences significatives entre les variétés</i>					<i>Il n'y a pas de différences significatives entre les variétés</i>		

**CV** : Coefficient de variation    **PPDS** : Plus Petite Différence Significative

### ✓ Compagne (2015/2016)

**Tableau 14** Le rendement en grains Qx/ha 2015/2016.

Variété	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
Le rendement en grains Qx/ha	/	15	12	/	4.5	12	5.5	9	4.5	6	7	7	5	1	/

**Remarque :** L'analyse statistique n'était pas possible pour certaine variété en première année de l'essai

#### 3.2.6.9 Contraintes rencontrés sur les deux ans d'essai :

- La faculté germinative très faible de la semence.
- Le chevauchement des stades phénologiques .
- La difficulté de finage de semence de quinoa (les opérations après la récolte).

#### 3.2.6.10 Conclusion :

Vu que le faculté germinative de variétés de la 1<sup>ère</sup> année de projet est faible pour pouvoir bien comparer entre les résultats et comme c'est des deux premières années de l'essai de quinoa, les résultats obtenus sont encourageants et a nous permet de dire que la culture de quinoa peut cultiver dans notre région si on améliore les conditions de départ.

### **3.3 Deuxième projet**

#### **3.3.1 Titre de projet : Multiplication et sensibilisation du Quinoa.**

S'appuyant sur son expérience pratique de la production, de l'utilisation et de la commercialisation du quinoa et de ses produits dérivés, la *FAO* a mis en place un projet régional « Assistance technique pour le renforcement du système alimentaire associé au quinoa » dans plusieurs pays du Proche-Orient et d'Afrique du Nord, dont l'Algérie. Le pays a pu ainsi profiter des compétences techniques de la *FAO* pour évaluer dans quelle mesure cette culture non traditionnelle pourrait être adoptée par les producteurs et acceptée par les consommateurs. Dans ce sens, une lettre d'accord a été signée le 20 Juin 2016 entre l'Organisation d'alimentation et l'agriculture *FAO* d'une part et l'Institut technique de développement de l'agriculture saharienne (ITDAS), représentant du Ministère de l'Agriculture, de Développement Rural et de la Pêche d'autre part, sous le titre « Multiplication et sensibilisation du Quinoa ».

#### **3.3.2 Durée de projet :**

6 mois.

#### **3.3.3 Les instituts impliqués :**

ITDAS, INRAA, INRF et INPV.

#### **3.3.4 Les zones d'implication :**

Biskra, Ouargla, El oued, Adrar et Saida.

#### **3.3.5 Les activités du projet pour l'année 2016 :**

- ✓ Essai sur l'évaluation des différentes dates de semi.
- ✓ Multiplication de certaines variétés prometteuses.
- ✓ Introduction de quinoa dans l'environnement des agriculteurs (sites de démonstration).

- ✓ Essai sur la performance des activités et leur adaptation.
- ✓ Protection des plantes : dispositif de surveillance des ravageurs et des maladies.

### 3.3.6 Cas de région d'El Oued:

#### 3.3.6.1 Localisation 01:

commune Oum Tiour.

**Fellah** : BARJOH Thaher.



Méthodologie de travail :

. **Tableau 15** Matériel végétal Site Oum Tior

Variété	Dose de semis(g) pour 144 m <sup>2</sup> .	Date de semis
Q102 (Amarilla Sacaca)	240	04-10-2016
Q103 (Blanca de Junin)	240	04-10-2016
Giza01	280	04-10-2016
Q26	270	04-10-2016

**Source d'irrigation** : forage individuel en profondeur 80m.

**Type d'irrigation** : Goutte à goutte.

**Qualité d'eau** : La salinité de l'eau de forage environ 4 g/ l.

**Préparation des parcelles** :

Les parcelles sont préparées par l'agriculteur entre le 20 et 27 septembre 2016.



**Figure 23** la parcelle d'essai OumTior

### Fertilisation :

- Fumure de fond : 6 quintaux de N.P.K (15.15.15).
- Fumure d'entretien : 2 quintaux de Urée 46% (fractionné par six apports).

**Le semis** : se fait manuellement en ligne 04/10/2016.



**Figure 24** semis manuel du quinoa site Oum Tior

**La récolte** est faite manuellement la fin du mois de Février.

Les rendements obtenus sont :

- ✓ **Amarilla sacaca** : 21qx/ha
- ✓ **Giza01**: 18 qx/ha

La production totale des 04 parcelles d'expérimentation est environ 70 kg.



Figure 25 Quinoa en maturation site Oum Tior

### 3.3.6.2 Localisation 02 :

Commune : **Sidi Aoun.**

Fellah : Alouane Moubarak.

Méthodologie de travail :

**Matériel végétal :** Afin d'essayer le maximum des variétés introduites dans des autre régions différentes, on a choisis sept variétés qui ont donné le meilleur résultat dans le premier projet.

Tableau 16 Matériel végétal site Sidi Aoun.

Variété	Dose de semis (g/200m <sup>2</sup> )	Date de semis
Q101 (Amarilla Marangani)	240	27-10-2016
Q104(Kancolla)	240	
Q105 (Salcedo INIA)	240	
Giza <sub>1</sub>	230	
Santa Maria	280	
Q21	325	
Q26	220	

**Source d'irrigation :** forage individuel en profondeur 40m.

**Type d'irrigation :** Goutte à goutte.

**Qualité d'eau :** La salinité de l'eau de forage environ 7 g/l.

**Préparation des parcelles :**

Les parcelles sont préparées par l'agriculteur entre le 10 et 15 octobre 2016.

### Fertilisation :

- Fumure de fond : 6 quintaux de N.P.K (15.15.15).
- Fumure d'entretien : 2 quintaux de Urée 46% (fractionné par six apports).

**Le semis** : se fait manuellement en ligne 27/10/2016.



**Figure 26** Semis manuel site Sidi Aoun

### La récolte :

L'opération est faite le mois de Mars, on n'a pas pu de calculer le rendement à cause des beaucoup des pertes remarqués.

Mais la production obtenue est d'environ 46 kg.

### 3.4 Résultats deux projets

Les informations tirées des deux projets dans la région d'El oued :

- ✓ La possibilité de planter du quinoa sous les palmiers ou à au plein champ. dans les oasis.
- ✓ Culture réussie du quinoa dans la vallée de Rhig avec des sols sablonneux et de l'eau salée jusqu'à plus de 12 ds / m.
- ✓ Le cycle de vie variait de 92 jours à 128 jours ça dépend les variétés.
- ✓ Le quinoa testé sous des palmiers était plus sensible aux maladies que la première année, tandis que la deuxième année, il était plus résistant et aucun cas ne nécessitait une intervention.
- ✓ Le meilleur PMG marqué pour GIZA 02 avec plus de 5 grs .
- ✓ GIZA 01 est la variété qui a connu la croissance la plus rapide au cours des deux premières années.
- ✓ Amarilla sacaca la variété la plus résistantes et qui a donné des bonnes rendements dans toutes les régions c'est pour ça elle est choisie pour la multiplier.
- ✓ Pendant le stockage du quinoa les variétés qui ont plus de Saponine ont été les moins attaqués par les insectes et les plus résistantes.

## 4 Accompagnement technique de production d'un hectare de quinoa

Après la fin de deux projets de quinoa avec le FAO, il était nécessaire de contrôler l'aspect technique de la production de quinoa et d'appliquer les résultats des projets précédents pour généraliser la culture sur de grandes superficies. Nous suivons donc un paysan dans la production de 01 hectare de quinoa avec l'enregistrement des pratiques agricoles qu'il a appliquées.

### 4.1 Localisation :

La ferme est située à Om Tior et fait partie de la région d'Oued Righ qui est présenté préalablement.

### 4.2 Nature de sol :

limoneux-sableux avec présence d'une légère charge des pierres. Les analyses des 03 horizons a donné les résultats suivants :

**Tableau 17** les résultats d'analyse des sols d'Oum Tior.

Echantillon	Profondeur (cm)	CE ds/m	pH	Cations (méq/l)				Anions (méq/l)			
				Na+	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K+	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>
A	P1 (0 - 20)	2.39	8.08	1.13	2.6	11.4	0.25	/	0.34	19.2	24.89
	P1 (20 - 40)	2.49	8.02	1.52	2.2	12.6	0.22	/	0.26	24	24.03
	P1 (40 - 60)	2.69	8.03	2.08	2.8	9.8	0.38	/	0.3	26.4	26.60
	P1 (60 - 80)	2.62	7.90	1.95	2	11.6	0.25	/	0.4	25.2	27.46
	P1 (60 - 90)	2.54	7.97	1.52	2.4	10.6	0.17	/	0.38	18	20.60
B	P2 (0 - 20)	2.84	7.98	2.56	1.8	13.2	0.20	/	0.36	33.6	29.18
	P2 (20 - 40)	2.78	8.02	1.91	1.6	13.6	0.20	/	0.48	39.6	29.18
	P2 (40 - 60)	2.69	8.00	1.65	2.4	14.6	0.45	/	0.58	27.6	28.32
	P2 (60 - 80)	2.55	8.06	1.30	2.6	14	0.43	/	0.36	22.8	27.46
	P2 (60 - 90)	2.60	8.02	1.74	2	12.6	0.43	/	0.42	26.4	24.89
	P2 (90 - 120)	2.73	8.02	1.95	1.8	12.2	0.38	/	0.6	28.8	14.59

*Source : Laboratoire ITDAS, 2018*

### 4.3 L'eau d'irrigation :

Il irrigue à partir d'un forage de complexe terminal qui présente les caractéristiques suivantes ;

CE (ds/m)	pH	Cations (méq/l)				Anions (méq/l)			
		Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
7.23	7.47	41	21.8	35.2	1.61	0.04	0.46	28.28	40.34

### 4.4 Matériel végétal :

Après des petits essais de deux ans a son ferme ; l'agriculteur a choisit la variété péruvienne **Amarilla sacaca** pour le cultiver et multiplier.

Le tableau suivant montre des informations de cette variété publié par le FAO en 2014.

**Tableau 18** caractéristique de la variété choisie (Amarilla Sacaca)

<b>Durée du cycle végétatif (Jours)</b>	160 à 170	<b>Couleur du Péricarpe</b>	Jaune
<b>Hauteur des plants(m)</b>	1.50à 1.70	<b>Rendement en grains par plant (g)</b>	82.00 à94.00
<b>Rendement moyen en grains (t/ha)</b>	3.5	<b>P.M.G (g)</b>	2.9
<b>Couleur de la tige principale</b>	Verte	<b>Nombre de jours au début de la panicule</b>	85
<b>Presence de ramifications</b>	Présentes	<b>Nombre de jours à la floraison</b>	125
<b>Couleur des feuilles</b>	Verte	<b>Nombre de jours à la maturité physiologique</b>	160
<b>Couleur de la panicule à la floraison</b>	Orange	<b>Tolérance aux basses températures</b>	Sensible
<b>Couleur de la panicule à la maturité physiologique</b>	Orange	<b>Tolérance à la sécheresse</b>	Modérément tolérante
<b>Nombre de panicules par plante</b>	1	<b>Tolérance à l'humidité</b>	Tolérante
<b>Longueur de la panicule (cm)</b>	30 à 68	<b>Teneur en saponine (%)</b>	7
<b>Diamètre de la panicule (cm)</b>	10 à 13	<b>Protéines (%)</b>	14.58
<b>Couleur du périsperme</b>	Blanche	<b>Fibres (%)</b>	2.56

#### **4.5 La préparation de sol :**

Un labour de 30 cm par passage d'un cover crop avec un amendement d'engrais a été fait la fin de mois d'Aout avec des irrigations préliminaires pour contrôler les mauvaises herbes. La quantité de fumier apporté par l'agriculteur 10 tonnes.

#### **4.6 Le semis :**

Le semis est fait jusqu'au le 15 Octobre retard par rapport la date désigné par nous pour des causes externes.

## Accompagnement technique de production d'un hectare de quinoa

Il a effectué avec du semoir de précision avec une distance de 50 cm entre les lignes et une dose de semis de 03 kg/ha.

### 4.7 L'irrigation :

Est faite par pivot avec une fréquence de deux irrigation par semaines le 1 er mois après il prolonge la fréquence jusqu'au une irrigation/ 10 jours.



**Figure 27** Photos de semis par semoir manuel et l'irrigation du quinoa

### 4.8 Le suivie de développement de la culture :

Le tableau suivant montre les dates approximatives des stades phenologiques de la culture ainsi le nombre de jours et la somme de température de chaque stade.

**Tableau 19** Suivi des stades phénologiques

Date	Stade	nombre de jours	somme de T C°
15 octobre 2018	Levée	7	158,8
22 octobre 2018	2 Feuilles vraies	13	124,4
28 octobre 2018	4 Feuilles vraies	18	72,1
02 novembre 2018	8 Feuilles vraies	24	98,4
08 novembre 2018	ramification	34	169,1
18 novembre 2018	début de Formation de Panicule	42	128,2
26 novembre 2018	Panicule	57	197,4

## Accompagnement technique de production d'un hectare de quinoa

---

<b>11 décembre 2018</b>	Floraison	64	85,8
<b>18 décembre 2018</b>	grains laiteux	75	189,3
<b>20 janvier 2019</b>	grains pâteux	89	193,5
<b>15 Février 2019</b>	maturation	113	386,6
<b>Total</b>			1803,6

Malgré le retard enregistré au semis de quinoa, mais vue les températures douces de mois d'octobre et novembre avec une moyenne mensuelle de 22.5C° et 16 C° (source tutiempo.net) a permis à la culture de bien accumuler les températures nécessaires pour le développement.

Malgré ça le retard a influe sur la hauteur et le PMG des grains sachant que la hauteur est de moyenne de 80 cm, avec une ramification minime (loin de bibliographie) a cause de la densité de semis en ligne.

### 4.9 Résultats obtenues ;

Afin de bien suivre la culture des visites périodiques on été faites.

**Tableau 20** Résultats de suivi de la culture

Paramètre	Description moyenne
Dose de semis	03 kg/ha
Hauteurs moyenne	85 cm
Nombre de panicule principale	1
Nombre de panicule secondaire	04 à 05 négligeable
PMG	3.03 grammes
Rendement	15 qx/ha

La récolte se fait manuellement par fauchage et séchage de plante après le fellah a fait un battage traditionnel pour récupérer la semence.



**Figure 28** La récolte de quinoa (Mars 2019)

### 4.10 Remarques et interprétations des résultats :

D'après l'agriculteur le quinoa c'est une culture peu exigeante au suivi au développement mais elle demande beaucoup des efforts à la récolte et après la récolte.

On note que vers la fin du mois de janvier, la culture a été attaquée par les moineaux et ont causes des pertes très significative (environ le  $\frac{1}{4}$  de la superficie).

A cause du retard de l'opération de récolte, des pluies enregistré au mois d'avril, le quinoa est germé sur pieds ; une autre forme de perte de rendement.



**Figure 29** Dégâts des pluies sur la quinoa en fin de maturation

De cette expérience on peut conclure :

- ✓ Il faut une bonne démarche pour un bon résultat, le respect des itinéraires techniques et très important pour le rendement et malgré le mal suivi surtout de l'irrigation le quinoa a montré une grande résistance au sécheresse.

## **Accompagnement technique de production d'un hectare de quinoa**

---

- ✓ La date de semis est très important pour le quinoa ; une date dans le meilleur délai (fin septembre pour notre région) a permis d'éviter le risque de pluie de printemps ; et la saison des moineaux.
- ✓ La mécanisation est nécessaire pour développer cette culture surtout pour les opérations après la récolte.
- ✓ L'agriculteur a été satisfait par la fertilisation avec du fumier organique mais la dose n'est pas suffisante pour la plante (elle exige environ 150 unités d'azote).
- ✓ Le quinoa présente une grande tolérance aux maladies, on n'a noté aucune maladie, et donc aucun traitement a été fait.

### **4.11 Le coût de production d'un kilogramme de quinoa :**

Comme le quinoa est une culture récemment introduite en Algérie il est nécessaire de calculer le coût de production d'un kilogramme de quinoa pour voir l'impact des charges pour l'agriculteur peut être très important.

Le coût de production englobe la rémunération de l'ensemble des facteurs de production et se subdivisent en :

- **Charges d'Approvisionnement** : directement affectables : engrais, semences et protection phytosanitaires.

- **Charges de mécanisation** : mécanisation de semis et de récolte .....

- **Charges main d'œuvre** : rémunération de la main d'œuvre familiale et des capitaux propres.

Selon divers effets (années, localisation, systèmes agricoles), les coûts de production peuvent être très variables. Nous avons adopté les coûts de cette année 2019, dans la région de la wilaya d'El Oued.

## **Accompagnement technique de production d'un hectare de quinoa**

---

Nous identifions un montant de charges complètes à l'hectare (da/ha) puis divisons le montant obtenu par le rendement annuel afin d'obtenir le cout de production complet en da/kg. Pour ce faire, nous avons remplir le tableau 21 (page suivante).

Donc d'après le tableau 21:

Le fellah pour produire 1 kg de quinoa a besoin de 168.43 da.

**Tableau 21** Coût de production d'un kilogramme de quinoa

OPERATIONS		MAIN D'ŒUVRE			MECANISATION			APPROVISIONNEMENT				amortissement par ans	TOTAL Da	
		Nbre de jours	Coût unitaire	Montant	Nbre d'heure	Coût unitaire	Montant	Quantité	Unité	Coût unitaire Da	Montant Da			
Préparation de sol	Nivellement	0	0	0,00	40	1 500	60 000,00	0	0	0	0,00	10	6 000,00	
	Labour	0	0	0,00	4	1 750	7 000,00	0	0	0	0,00	1	7 000,00	
Irrigation	Fonçage de puits	0	0	0,00	0	0	0,00	1	puits	300 000	300 000,00	80	3 750,00	
	compteur et câbles	0	0	0,00	0	0	0,00	1	unité	60 000	60 000,00	80	750,00	
	canaux d'irrigation	0	0	0,00	0	0	0,00	60	m <sup>2</sup>	250	15 000,00	20	750,00	
	Pompe	0	0	0,00	0	0	0,00	2	unité	25 000	50 000,00	5	10 000,00	
	Le réseau d'irrigation	Aspersion			0,00	0	0	0,00	1	pivot	170 000	170 000,00	5	34 000,00
Mis en place de la culture	le semis	2	1 500	3 000,00	0	0	0,00	4	Kg	7 000	28 000,00	1	31 000,00	
	Fertilisation	Organique	2	1 200	2 400,00	5	2 000	10 000,00	18	m <sup>3</sup>	5 000	90 000,00	1	102 400,00
	L'irrigation (charge d'électricité)		0	0	0,00	0	0	0,00	1	ha	15 000	15 000,00	1	15 000,00
Charges imprévues		0	0	0,00	0	0	0,00	1	ha	10 000	10 000,00	1	10 000,00	
Récolte		10	3200	32 000,00	0	0	0,00	0	0	0	0,00	1	32 000,00	
												Total coût de revient	<b>252 650,00</b>	
												Rendement qx/ha	<b>15</b>	
												charge d'un kg / da	<b>168,43</b>	

### *Conclusion*

Dans notre mémoire nous avons faits premièrement un rappel et présentation de la culture de quinoa et sa place actuellement dans le monde, deuxièmement une synthèse sur les résultats de deux projets d'introduction de quinoa en Algérie dans notre région d'El Oued surtout le bassin de Oued Righ, et vers la fin on a présenté un accompagnement d'un fellah de la région dans le semis d'un hectare de quinoa.

Et on peut aussi tirer de nos études les points suivantes :

On a constaté que les résultats obtenus dans les deux projets dans l'institut et chez les agriculteurs sont encourageants surtout pour certaines variétés qui ont donné des rendements proches de rendement moyen mondial de quinoa malgré les conditions adéquates des sols et des eaux.

Pour notre cas on a proposé la variété **Amarilla Sacaca (Q102)** pour multiplication qui a enregistré le rendement le plus élevé (environ 20qx/ha) quel que soit chez l'institut ou chez les agriculteurs.

Pour arriver à réaliser le rendement souhaité il faut choisir des graines a haute faculté germinative et de bien respecter la conduite culturale de la plante surtout la date de semis et les doses de fertilisation.

Le problème majeur qui est enregistré actuellement chez les agriculteurs pour élargir les superficies de production est la mécanisation surtout celles d'épuration et nettoyage des graines pour l'orienter vers la consommation humaine. Et comme nous avons vu que la culture de quinoa est une culture peu exigeante à la fertilisation et à l'irrigation, et comme son prix mondial est encore élevé (environ 1000 DA pour 1 kg de quinoa) on peut la considéré comme une culture économiquement importante, et si on bien organisera sa commercialisation et son marché ; elle va constituer une alternative économique

et une valorisation très importante surtout dans la région de Oued Righ ou les autres cultures ne répondent pas bien aux conditions existés

- **Antonio M.,2016** : Impacts de l'essor international du quinoa : Haute école de gestion de Genève 60p.
- **Atul B et Shilpi S.,2013**: Quinoa Botany, production and uses.
- **Bazile D,2013**: le quinoa un catalizador de innovaciones : perspective, Penero .
- **Bazile D et al,2016**: The global expansion of quinoa; Trends and limits , Frontiers in Plant Science volume 7 article 822.
- **Bazile D et Al., 2011**; Modélisation des dynamiques spatiales liées à la culture du quinoa dans les zones Chilien.Mappemmonde 102(2011-2).
- **Bazile D, Daniel B and Carlos N, 2014**: State of the art report on quinoa around the world in 2013.
- **Bazile D, Flora B, 2015**: the dynamics of the gloabal expansion of quinoa growing in view of its biodiversity, 54p.
- **Bazile D, Pulvento C, Verniau A, Al-Nusairi MS, Ba D, Breidy J, Hassan L, MohammedMI, Mambetov O, Otambekova M, Sepahvand NA, Shams A, Souici D,MiriK,Padulosi S. 2016**. Worldwide evaluations of quinoa: preliminary results from postinternational year of quinoa FAO projects in nine countries. Frontiers in Plant Science7:Article 850 DOI 10.3389/fpls.2016.00850.
- **Bioversity international ; 2013** : Descripteurs pour le quinoa et ses espèces sauvages apparentées ; 60p.
- **FAO,2015**: catalogue of commercial varieties of quinoa in peru., 71p.
- **FAOSTAT, 2015**. Base de données statistiques de la FAO.
- **HAFUDA L, 2005**. Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de la nappe phréatique dans la vallée de l'oued, thèse Magister Hyd, Institut national agronomique -El Harrach –Alger , p27.
- **Kevin M and janet M gubon,2015**: Quinoa ,Improvement and sustainable production.

- **Lebonvallet S., 2008.** Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'Altiplano bolivien. Thèse de doctorat, Agro Paris Tech, France.
- **Lovejoy M.J., 2015:** Master's these: Is "the mother grain" feeding the world before her own children; an examination of the impact of the global demand for quinoa on the lives and diets of Peruvian quinoa farmers, 82p.Faculty of social sciences.University of Bergen.
- **Margarita M .et al; 2013:** Chilean journal of agricultural research : Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes, nutritional and functional properties (108-116)p.
- **Maria T.et al, 2015 :** quinoa et the southern highlands production and food security, 30p
- **Marie H, 2015 :** Le quinoa ; intérêts nutritionnel et perspectives pharmaceutiques ; sciences pharmaceutiques, thèse de docteur en pharmacie ; université de ROUEN.
- **Ricardo R,2018:** Manuel basico para la produccion de hojas de quinoa ecologica
- **Sirpaul J., et al, 2019:** Quinoa, In perspective of global challenges.agronomy.15p.
- **Tichoux B.,2013:** Evaluation des impacts environnementaux des cultures de quinoa de projet quinoa dans l'altiplano(Bolivie) et proposition d'alternative biologique ; université catholique de Louvain.
- **Wafa R, Basma K et Mohamed H., 2015 :** Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa : Réponses du quinoa aux contraintes hydriques et saline.119p.
- **Yoda H et Al.,2011 :** Ionic and osmotic relations in quinoa (Chenopodium quinoa wild) plants grown at various salinity levels. Journal of experimental Botany,vol.62 N.1 pp.185-293.

**Référence électronique :**

[www.rove.to/alegeria](http://www.rove.to/alegeria)

[www.fao.org](http://www.fao.org).

[www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net)