

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Agronomie

Spécialité : Parcours et élevage en zones arides

Thème

**Composition chimique de la partie végétale de deux
variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)
cultivées dans la région de Ouargla**

Présenté par : -BEN REZKIA Rayane

-YAGOUB Samah

Soutenu publiquement le :14/10/2020

Devant le jury:

Mme. DERAOUI N.	M.C.A	Président	U.K.M.Ouargla
Mme.DJERROUDI O.	M.C.A	Promoteur	U.K.M.Ouargla
Mr.BELAROUCI M.	M.C.B	Examineur	U.K.M.Ouargla

Année universitaire :2019/2020

اللهم ارزقنا العلم النافع الذي
يقربنا منك ويؤنس وحدتنا في
قبورنا

مهما اشتدت و اشتدت لا ننسى
أن لكل ضيق مخرج

فالحمد لله الذي هدانا لهذا
وما كنا لنهتدي لولا أن
هدانا الله





Remerciements

En premier lieu, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la force de mener à bien ce modeste travail.

*Au terme de cette étude, nos reconnaissances respectueuses vont d'abord à Mme. **DJRROUDI Ouiza** Maître de Conférences A à l'université d'Ouargla, pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses précieux conseils et orientations, sa disponibilité, sa gentillesse, sa modestie et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour notre travail.*

*Nous remercions Mme **Deraoui Naima**, Maître de conférences A à l'Université de Ouargla, pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions également Mr. **Belarouci M** chef de département adjoint chargé de la poste graduation -chercheur laboratoire de phoeniciculture «phoenix».*

Département des sciences agronomiques.

Faculté des sciences de la Nature et de la vie de Maître de conférences B à l'université d'Ouargla d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions tout le personnel du laboratoire de recherche « bio ressources saharienne préservation et valorisation » et « laboratoire pédagogique de l'ITAS » de l'université d'Ouargla

Nous sommes heureux d'exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements envers toute personne qui de loin ou de près a contribué à la réalisation de ce travail



Dédicace

*A la bougie de ma vie, la fleur de mes jours,
ma mère qui veille avec amour et tendresse
à notre éducation***ZAHIRA BOUGRINATE**

A mon père* **SADOK *qui a sacrifié sa vie
pour notre instruction*

**A mon chère frère et mes chères sœurs :*
*ISRAA, HIBAT ALLAH, MEHAMMED
SANAD, NOUR ALBAYANE, DJOUD*

A mon fiancé* **M

A toute ma grande famille :* **BEN REZKIA

**A toute ma grande famille :*
BOUGRINATE

**A tous mes amis, et A tous ceux qui m'ont
aidé à accomplir ce travail de près ou de
loin.*

***RAYANE**

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

** Mes très chers parents que sont
beaucoup sacrifiés à mon bonheur.*

** Mes très chers frères et sœurs.*

** A mes oncles et mes tantes.*

** A mon fiancé.*

** Tous mes amis.*

** Et à tous ceux qui m'ont
encouragé durant ma vie estudiantine.*

**SACHAOT*

Table des matieres

Table des matieres.....	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1
Chapitre I: Généralités sur le Quinoa.....	4
I.1. Origine et histoire	4
I.2. Classification botanique (Systématique).....	5
I.3.Description botanique de la plante.....	5
I.5. Phénologie du quinoa.....	7
I.6. Description des différents stades phonologiques.....	8
I.7. Exigences de quinoa	12
1.7.1- Exigences climatiques	12
I.8. Adaptation du quinoa	13
I.8.1-Résistance à la sécheresse.....	13
I.8.2-Résistance au froid	13
I.8.3-Résistance à la salinité.....	13
I.9. Importance de la culture de quinoa.....	13
I.9.1- Importance nutritionnelle.....	13
I.9.2-Importance économique.....	14
1.9.3- Utilisation de quinoa	15
ChapitreII: Généralités sur le fourrage.....	17
II.1. Les fourrages dans l'alimentation des ruminants.....	17
II.2. Nature et classification des plantes fourragères.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.Valeur nutritive des fourrages	18
II.3.1.Notion de la valeur alimentaire.....	18
II.3.2.Composition chimique des fourrages.....	19
II.3.3. Valeur nutritive.....	19
II.3.4. Ingestibilité.....	19
II.3.5. Facteurs de variation de la valeur alimentaire	20
II.3.5.1. Facteurs extrinsèques.....	20
II.3.5.2-Facteurs intrinsèques	21
II.3.5.2.1. Variation en fonction de la famille botanique	21

II.3.5.2.2. Variation en fonction des stades d'exploitations.....	21
II.4. Le quinoa dans l'alimentation animale.....	22
Chapitre III. Matériel et méthodes.....	24
II.1.Objectif.....	24
III.2. Présentation du site d'étude.....	24
III.3. Caractéristiques climatiques du site d'étude	24
III.4. Caractérisation édaphique et hydrique de l'exploitation.....	25
III.5.Matériel végétal.....	25
III.5. Méthode d'étude	26
III.5.1. Installation et conduite de l'essai.....	26
III.5.2. Echantillonnage des plantes.....	27
III.5.3.Suivi des stades phénologiques.....	28
III.5.4.Préparation de l'échantillon	28
III.6. Détermination de la composition chimique.....	28
III.6.1.Détermination du taux en matière sèche.....	29
III.6.1.1.Principe	29
III.6.1.2. Matériel.....	29
III.6.1.3.Méthode.....	29
III.7. Détermination des cendres ou matière minérale totale.....	30
III.7. 1.Principe.....	30
III.7. 2.Matériel	30
III.7.3.Méthode.....	30
III.8. Détermination la matière organique	30
III.9. Détermination de la cellulose brute	31
III.9.1. Principe.....	31
III.9.2.Matériel.....	31
III.9.3.Méthode.....	31
III.10. Détermination de la matière grasse totale	Erreur ! Signet non défini.
III.10.1. Matériel.....	Erreur ! Signet non défini.
III.10.2. Méthode.....	Erreur ! Signet non défini.
III.11. Détermination du taux des matières azotées totales.....	Erreur ! Signet non défini.
<u>III.11.1.Principe</u>	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre IV. Résultats et discussion	24

IV.1.Résultats.....	34
IV.1.1.les stades phénologiques.....	34
IV.1.2. Composition chimique.....	34
IV.1.2. 1.Taux de matière sèche.....	34
IV.1.2. 1.1.Taux de matière sèche dans les feuilles.....	34
IV.1.2. 1.2.Taux de matière sèche dans les tiges.....	34
IV.1.2. 1.3.Taux de matière sèche dans les résidus.....	35
IV.1.2.2.Taux de matière organique dans les feuilles.....	36
IV.1.2.3. Taux de matière minérale dans les feuilles.....	36
IV.1.2.4.Taux de cellulose brute.....	37
IV.1.2.4.1.Taux de cellulose brute dans les feuilles.....	37
IV.1.2.4.2.Taux de cellulose brute dans les tiges.....	38
IV.2.Discussion.....	40
Conclusion.....	47
Références bibliographiques.....	47
Annexes.....	Erreur ! Signet non défini.

Liste des abréviations

CB	Cellulose brute
FOA	Food Agriculture organisation
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INRF	Institut national de la recherche forestière
ITDAS	Institut de développement de l'agronomie saharienne
ITGC	Institut technique des grandes cultures
MAT	Matière azoté total
MGT	Matière grasse total
MM	Matière minérale
MO	Matière organique
MS	Matière sèche
NDF	Neutral Detergent Fiber
ONM	Office National de la Météorologique
T max	Température maximale
T min	Température minimale
T moy	Température moyenne

Liste des figures

Figure 1: Distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture)	5
Figure 2: Schéma des stades phénologiques du quinoa	11
Figure 3. Situation géographique de l'exploitation de l'université d'Ouargla	24
Figure 4 : Graines de quinoa utilisées	26
Figure 5 : Dispositif expérimentale	27
Figure 6 : Semi des semences.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 7 : Les stades phénologiques de quinoa variété Giza et Q102.....	38
Figure 8: Taux moyen de matière sèche (% MS) au niveau des feuilles de quinoa.....	34
Figure 9: Taux moyen de matière sèche (% MS) au niveau des tiges de quinoa	35
Figure 10: Taux moyen de matière sèche (% MS) des résidus de quinoa.....	35
Figure 11: Taux moyen de matière organique de % MS au niveau des feuilles de quinoa (Q102 et Giza 1)	36
Figure 12: Taux moyen de matière minérale de % MS au niveau des feuilles de.....	37
Figure 13 : Taux moyen de cellulose brute de % MS au niveau des feuilles de quinoa	37
Figure 14: Taux moyen de cellulose brute de % MS au niveau des tiges de quinoa	38

Liste des tableaux

Tableau 1:Phénologie de quinoa selon différents auteurs	7
Tableau 2:Composition des graines de quinoa et de blé (g/100g de matière sèche).....	14
Tableau 3:Les températures enregistrées durant la campagne 2019/2020	25
Tableau 4 : Différents organes prélevés en fonction du stade de développement.....	27
Tableau 5: Analyse de la variance du variable matière sèche des Feuilles. Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 6 :Analyse de la variance du variable matière sèche des tiges. Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 7: Analyse de la variance du variable matière sèche des résidus. Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 8: Analyse de la variance du variable matière organique de % MSdes feuilles.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 9: Analyse de la variance du variable matière minérale de % MSdes feuilles.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 10:Analyse de la variance du variable cellulose brute de % MS des feuilles.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 11:Analyse de la variance du variable cellulose brute de % MSdes tiges... Erreur ! Signet non défini.	

Introduction

Introduction

Depuis des millénaires, la production animale a été associée à toutes les pratiques agricoles. La valorisation des sous produits de la céréaliculture, de l'arboriculture et des cultures maraîchères constitue un élément déterminant dans l'alimentation du cheptel.

Si dans le monde, les productions fourragères et pastorales sont des éléments clés de la révolution agricole et agro-industrielle, en Algérie et depuis la période coloniale à nos jours, la superficie des parcours n'a fait que régresser et les cultures fourragères n'ont jamais eu la place qui leur est due (**Abdelguerfi et al., 2008**).

L'Algérie accuse un déficit fourrager important. La superficie destinée aux fourrages cultivés ne dépasse pas les 7,6% de la SAU, soit 641 713 ha, face à un cheptel bovin de 1843 930 têtes dont 966 097 vaches laitières. Par ailleurs 76,45 % des surfaces fourragères sont cultivées en foin dans la plupart des wilayates (**SI Ziani, 2012**).

Par la nature de son climat, de son relief et de ses formations végétales, par les habitudes et les pratiques de sa population humaine, l'Algérie est un pays à vocation pastorale et fourragère en premier. Malheureusement, le cheptel est sous-alimenté, la production fourragère est très limitée et les ressources pastorales restent aléatoires et diminuent d'année en année ; les conséquences se manifestent à travers les faibles productions animales et en particulier la production laitière, devant une croissance démographique importante.

Les possibilités de développement des cultures fourragères et d'amélioration des productions pastorales sont énormes mais restent tributaires de certains éléments déterminants comme la production des semences, le changement des mentalités vis à vis des productions fourragères et pastorales et la gestion et l'aménagement du territoire et en particulier des espaces pastoraux au sens large.

L'essentiel de l'alimentation du cheptel ovin, bovin, caprin et camelin est assuré par des milieux naturels (steppe, parcours, maquis,...) et des milieux plus artificialisés (prairies, jachères,...) notamment en hiver et au printemps, ce qui engendre en général la dégradation de ces milieux par le phénomène de surpâturage et par conséquent une érosion importante.

L'agriculture dans les régions sahariennes présente des particularités fondamentales qui la distinguent de "l'agriculture classique" elle est caractérisée par des conditions de

production très difficiles et des vocation différentes d'une zone à l'autre dans des centres de cultures souvent isolés (**Lapeyronie, 1982**).

A l'issue de tout cela, et afin de contribuer à combler ce déficit et à diversifier l'alimentation des animaux, il est nécessaire de mobiliser toutes les ressources fourragères disponibles qui sont peu ou mal utilisées pour une éventuelle utilisation comme fourrage.

L'une des espèces qui a attiré notre attention, vu sa biomasse importante et sa haute valeur nutritionnelle est une espèce halophyte à savoir le quinoa : *Chenopodium quinoa* qui va faire l'objet de ce travail. Les halophytes représentent une ressource sous-utilisée pour la production alimentaire mondiale, représentant potentiellement des contributeurs importants aux futurs systèmes agricoles dans un monde de plus en plus salinisé (**Panta et al., 2014**).

L'introduction du quinoa en Algérie dans le but d'étudier son comportement et ses potentiels de production dans différentes zones agro-écologiques comme première étape est très récente (2014), et depuis cette année jusqu'à aujourd'hui cette espèce se cultive dans différentes régions de l'Algérie à travers quelques instituts : ITDAS, INRAA, INRF, ITGC, et également chez certains agriculteurs,

Le quinoa a fait l'objet de plusieurs études au niveau international sur des aspects biologiques, physiologiques, écologiques. En Algérie et spécialement au sein de l'université Kasdi Merbah de Ouargla, des études ont été effectuées, afin de tester le comportement de quelques variétés aux conditions arides (**Touati, 2018 ; Djili et Ammari, 2019 ; Allali, 2019**) ou encore sur l'adaptation au stress salin (**Hidoub, 2018 ; Kateb Kabdi et Maamoun, 2018**). Par contre des études concernant, son utilisation dans l'alimentation animale, sa composition chimique et valeur nutritive sont inexistantes, ce qui explique l'absence des résultats concernant cet aspect.

L'objectif primaire de ce travail était une étude comparée entre la composition chimique et digestibilité de deux variétés de quinoa cultivées en plein champ en fonction du stade phénologique de la plante. Mais devant de nombreux obstacles liés à l'hétérogénéité de la levée et de la croissance de plantes, le manque de produits chimiques et le problème sanitaire du pays (COVID 19), notre objectif s'est vu réduit.

Ce travail consiste donc en une étude de la composition chimique du *Chenopodium quinoa*, qui peut être considéré comme une source fourragère non négligeable durant les périodes de disettes, lorsqu'elle peut être utilisée comme céréales, fourrages ou ensilage pour les animaux.

Ainsi, dans la première partie de ce travail, une étude bibliographique traite :

- La présentation et la description du quinoa.
- Les généralités sur le fourrage
- La valeur nutritive des fourrages.

La deuxième partie expérimentale (matériel et méthodes).

Dans la troisième partie, résultats et discussions. On termine par une conclusion et des perspectives

Partie I : Synthèse

Bibliographie

Chapitre I

Généralités sur le Quinoa

Partie I.- Synthèse Bibliographie**Chapitre I: Généralités sur le Quinoa****I.1. Origine et histoire**

«Quinoa» est un mot d'origine quechua désignant une plante annuelle à feuilles triangulaires et panicules composées. Selon les traces archéologiques découvertes dans les grottes d'Ayacucho au Pérou (**Brack egg, 2003**).

Cultivée dans des milieux aussi divers que le littoral du pacifique, l'Atipilano central ou les vallées subtropicales des Andes, et maintenant disséminée à travers plus de cinquante pays dans le monde ; le quinoa reste néanmoins emblématique des hauts plateaux de Bolivie d'Equateur et du Pérou. Entre 3000 et 4000 m d'altitude, sous des climats arides, froids et venteux, sur des sols pauvres, parfois salins, cette espèce s'est diversifiée en plusieurs dizaines de variétés locales. Sa rusticité et ses qualités nutritionnelles exceptionnelles justifient d'étudier son fonctionnement biologique, et notamment ses mécanismes d'adaptation aux stress multiples, et souvent, que sont le gel, la sécheresse et les fortes radiations solaires. La compréhension des bases biologiques de cette rusticité peut orienter l'amélioration du Quinoa elle-même, mais aussi d'autres productions végétales vers la recherche d'une réduction des besoins en intrants et d'une plus grande tolérance à des conditions écologiques extrêmes (**Wilson, 1988**).

Communément appelé «Riz des Incas», le quinoa produit des graines que l'on récolte après maturation de la fleur d'une plante voisine de l'épinard (**Madram, 2005**).

Domestiquée il y'a 7000 ans environ dans les Andes, ou elle est devenue un aliment de base des populations locales (**Brack egg, 2003**).

Depuis une quinzaine d'années et principalement en Bolivie, le quinoa est aussi devenue l'objet d'une culture d'exportation à destination des pays du nord (Europe, Etats-Unis, Canada, Japon) à la recherche d'aliments à haute valeur nutritive et certifiés « agriculture biologique » (**Laguna et al., 2006**).

I.2. Aire de repartition

Le Quinoa est une plante originaire des Andes, et plus précisément des alentours du lac Titicaca, entre le Pérou et la Bolivie. Aujourd'hui la culture de Quinoa est en pleine expansion et l'on trouve désormais dans plus de 70 pays (**FAO, 2003**).

La culture de quinoa a franchi les frontières pour atteindre la France, le Royaume-Uni, la Suède, le Danemark, les Pays-Bas et l'Italie (FAO, 2003).

Aux Etats-Unis, la plante est cultivée au Colorado et au Nevada, et au Canada, dans les prairies de l'Ontario (FAO, 2013).



Figure 1: Distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture) (Boubaiche,2016).

I.2. Classification botanique (Systématique)

Le quinoa est une plante dicotylédone angiosperme, qui appartient à la classe des Magnoliopsida, la famille des Chenopodiaceae et au genre *Chenopodium* (Cronquist, 1981).

La nouvelle classification phylogénétique APG III (Angiospermes, phylogeny Group) en 2009, classe cette espèce sous la famille des Amaranthaceae

I.3. Description botanique de la plante

La plante

La plante est en érection, atteignant des hauteurs variant de 0,60 à 3,00 m, selon le type de quinoa (figure 01), les génotypes, la fertilité des sols et des conditions environnementales où elle pousse (Vidal *et al.*, 2013).

✚ Racine

La racine est pivotante (figure 02), vigoureuse, profonde, très ramifiée et fibreuse, ce qui lui donne les propriétés de survie aux conditions défavorables de l'environnement (**Jael, 2012**).

✚ Tige

La tige (figure 03), Il est cylindrique dans la couronne de la plante et anguleuse dans la ramification, de coloration variable du vert au rouge, a souvent des stries et aussi aisselles pigmenté de couleur vert ou violet (**Apaza et al., 2013**).

✚ Feuilles

Les feuilles sont variées chez le quinoa(figure 04), coloration alternes, simple, variée de vert au rouge, ils peuvent également être consommés comme légume par sa haute valeur nutritive, elles sont prises avant la floraison (**Jael, 2012**).

✚ Inflorescence

C'est une panicule typique, composé d'un axe centrale et ramification secondaire, tertiaire et pédicelles tenant aux glomérules, l'axe principale est plus développé que le coté, cela peut être laxiste ou compact (Glomerulada), il existe des formes intermédiaires entre les deux (figure 05).

La longueur de la panicule est variable, selon les génotypes, lieu où elle se développe et les conditions fertilité des sols, atteignant 30 à 80 cm de longueur, de 05 à 30 cm de diamètre, le nombre de grappes par panicule varie de 80 à 120 et le nombre de graines par panicule de 100 à 3000. Il existe de grandes panicules qui donnent jusqu'à 500 grammes de graines par inflorescence (**Vidal et al., 2013**).

✚ Fleur

Le quinoa présente des fleurs hermaphrodites disposées en inflorescence en grappe considérées comme de faux épis (panicule) (figure 06). Dans l'étape reproductrice du cycle de le quinoa, l'inflorescence est terminale et de longueur variable.

Il en existe deux types principaux: glomériforme et amaranthiforme et selon **Gandarillas (1968)**, le type glomériforme serait la forme ancestrale ayant donné le second type par

mutation. Les fleurs incomplètes (apétales) et très petites (03 mm au maximum) (**Tapia et al., 1979; Izquierdo et al., 2001**).

🚩 Fruit

C'est un akène, a une forme cylindrique- lenticulaire, un peu élargie vers le centre. Constitué par le périgone qui encapsule la graine complètement et contient une seule graine (figure 07), de coloration variable qui se détache facilement à la maturité (**Vidal et al., 2013**).

🚩 Graine

Il existe trois formes de graines : conique, cylindrique et ellipsoïdale ; qui pourraient 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) (**Quispe et 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**) (figure 08).

I.5. Phénologie du quinoa

Plusieurs auteurs **Tapia et al.,(1979) ; Espingole (1986)** ont effectués des recherches sur la phénologie de cette espèce, dont trois ont été proposé :

Tableau 1:Phénologie de quinoa selon différents auteurs

Auteurs	Tapia et al.,(1979)	Espingole (1986)	Espindola (1992)
Périodes de croissance	60-109 jours	160-180jours	
Etapas	1-Du semis à l'émergence, 2-de l'émergence à l'apparition de la première paire de feuilles, 3-de la première paire de feuilles à l'apparition des panicules, 4-des panicules à la floraison,	1-Emergence, 2-deux feuilles véritables, 3-quatre feuilles véritables, 4-six feuilles véritables, 5-Ramifications, 6-débutde formation de la panicule,	1-Emergence 2-phase cotylédonaire 3-Phase 2 feuilles de base 4-Phase 5 feuilles alternes (différenciation paniculaire) 5-Phase 13 feuilles alternes (pré-émergence paniculaire)

	5-de la floraison à la maturation.	7-formation de la panicule, 8-début de la floraison, 9-floraison ou anthèse, 10-grain laiteux, 11-grain pâteux, 12-maturité physiologique	6-Phase émergence de la panicule 7-Foraison 8-Grain laiteux 9-Grain pâteux 10- Grain dur (maturité physiologique)
--	------------------------------------	--	---

I.6. Description des différents stades phonologiques

Selon Mujica et Canahua (1989), les durées indiquées pour chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade.

- **Stade levée**

Il 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.

- **Stade 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.

- **Stade 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.

- **Stade 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).

- **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.

- **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.

- **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.

- **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.

- **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, flétrissent et tombent.

- **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.

- **Grain pâteux**

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

- **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.

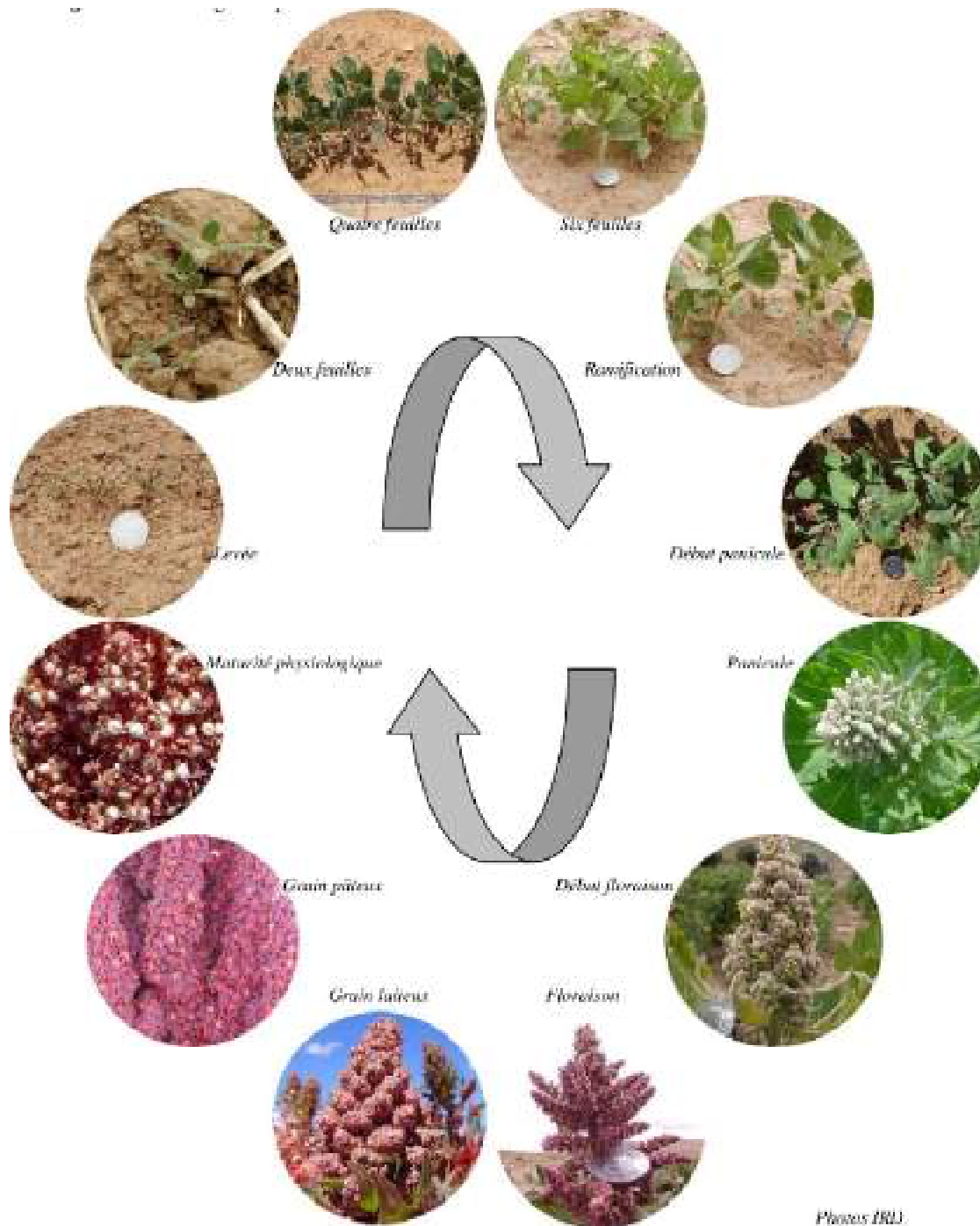


Figure 2: Schéma des stades phénologiques du quinoa (Lebonvallet, 2008)

I.7. Exigences de quinoa**1.7.1- Exigences climatiques**

La génétique de la grande variabilité du quinoa lui permet de prospérer dans différents climats par rapport aux niveaux de la mer, les parties Andines élevées et même dans les sous-bois de la jungle (**Jael, 2012**).

- **Températures**

Les basses températures affecteront surtout la phase de germination, mais dans l'étape de ramification de la plante, elle aura de grands problèmes aux chutes des températures jusqu'à moins 4°C.

D'autre part, les températures élevées peuvent affecter les processus physiologiques de la plante : la floraison qui peut provoquer l'avortement des fleurs et durant le remplissage des grains. La température moyenne optimale varie dans une marge de 05-15 °C (**Jael, 2012**).

- **Glacées**

Se produit lorsqu'il existe des descentes conditions extrêmes de températures inférieures moins 4°C, dans ces conditions va produire des altérations physiologiques en eux les cellules des plantes, ruptures du plasma par la présence de cristaux de glace dans les espaces intercellulaire (**Jael, 2012**).

1.7.2-Exigences édaphiques

La culture de quinoa tolère le stress hydrique et s'adapte bien aux régions où la pluviométrie annuelle avec irrigation située entre 250-400 mm sur des sols limono-sableux ou sableux-limoneux.

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 acide (pH 4.8) ou alcalin (pH 8.5) (**Lebonuallet, 2008**).

Les irrigations excessives augmentent la taille des plantes (hauteur) et améliorent le rendement mais avec le risque de verse (**Madrpm, 2005**).

I.8. Adaptation du quinoa**I.8.1-Résistance à la sécheresse**

Le quinoa est une plante fortement résistante à la sécheresse puisque elle tolère les températures élevées jusqu'à 35°C, et ses besoins en eau sont faibles (Oelke *et al.*, 1992), la sécheresse a plusieurs conséquences sur la plante et leur effet selon l'intensité et la durée de la période sèche, et aussi selon les stades de développement.

I.8.2-Résistance au froid

Plusieurs cultivars de quinoa ont été adaptés aux basses températures (Mujica *et al.*, 2001). L'effet de gel sur la plante diffère selon l'intensité et sa durée, et aussi selon les phases de développement.

La température minimale limite de croissance pour le quinoa est de -5°C (Bois *et al.*, 2006), mais il y a aussi quelques variétés qui tolèrent jusqu'à -18°C durant les premiers stades de croissance (Catacora *et Canahua*, 1992).

I.8.3-Résistance à la salinité

Dans les salinas boliviennes, la culture de quinoa a acquis une étonnante capacité à se développer dans ses milieux où les sols et les eaux d'irrigation peuvent avoir des concentrations en sel non négligeables. Il semble que les géotypes plus tolérants peuvent faire face à des niveaux de salinité aussi élevés que ceux présents dans l'eau de mer (Jacobsen *et al.*, 2001 et 2003; Koyro *et Eisa*, 2008 ; Hariadi *et al.*, 2011).

I.9. Importance de la culture de quinoa**I.9.1- Importance nutritionnelle**

Les feuilles de quinoa sont consommées comme des épinards et les graines très abondantes et petites, comme chez le riz, sont consommées de différentes manières. Le quinoa a un potentiel nutritif important, il se caractérise par une teneur élevée en protéines: 14 à 21 %, contre 7 à 12 % chez la plupart des céréales (blé, riz, maïs, orge, etc.....) (Ayala *et al.*, 2006) (tableau 2). Cependant, son principal intérêt nutritif réside dans sa composition équilibrée et complète en acides aminés essentiels (la lysine fait généralement défaut dans les céréales), comparable à celle du lait et supérieure à celle du blé et d'autres céréales (Chauhan *et al.*, 1992; Koziol, 1992; Ng *et al.*, 2007).

Tableau 2:Composition des graines de quinoa et de blé (g/100g de matière sèche)(Tapia, 2000).

Composant	Quinoa	Blé
Protéines	11 – 21,3	12,5
Lipides	5,3 – 8,4	2 – 3
Glucides	53,5 – 74,3	67 – 71
Fibres	2,1 – 4,9	2 – 4
Cendre	3,0 – 3,6	1,5 – 2, 5
Humidité	9,4 – 13,4	14,5

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 (**Diniet *al.*, 2004, Ng *et al.*, 2007**).

C'est pour toutes ses raisons que la FAO a choisi le quinoa comme une des cultures destinée à garantir la sécurité alimentaire, particulièrement pour les habitants des Andes qui l'ont historiquement cultivé ; ainsi qu'aux USA, en Europe occidentale et au Japon, le quinoa est commercialisée comme un aliment à haute valeur nutritive (**Galwey, 1993**).

Les saponines, substances anti nutritives qui sont présentes dans les grains et les jeunes feuilles, sont éliminées par lavage ou frottement (**Chauhan *et al.*, 1992**). Après avoir fait l'objet d'une sélection négative par les améliorateurs les saponines sont devenues un sous-produit recherché par l'industrie cosmétique et des perspectives existent aussi pour les utiliser comme pesticides naturels (**San Martin *et al.*, 2007**).

I.9.2-Importance économique

***Dans le monde**

80000 hectares étaient semés en quinoa en 2002 et les principaux producteurs mondiaux sont la Bolivie, le Pérou et la Bolivie avec plus de 96 % de la production

mondiale soit plus de 191687 tonnes en 2014 (**Base de données de la FAO**). En 2014, la production de quinoa s'est élevée 192507 tonnes dans la région andine.

***En Algérie**

Une convention a été signée entre la FAO et l'Algérie dans le cadre du projet(TCP/RAB/3403) intitulé : Assistance technique pour l'introduction du quinoa et appropriation/ institutionnalisation de sa production en Algérie, Egypte, Irak, Iran, Liban, Mauritanie, Soudan, et Yémen).

Les essais d'introduction du quinoa sont effectués au niveau des stations expérimentales des institutions de recherche et développement du secteur de l'agriculture, en vue d'étudier son comportement et ses potentiels de production dans différentes zones agro-écologique.

L'intérêt de cette plante pour l'Algérie réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrêmes (sécheresse, gel). Elle pourrait être, de ce fait, utilisée dans la lutte contre la désertification d'autant plus que le quinoa se développe dans un milieu aride ou elle peut donner des rendements acceptables à 100 millimètres de pluviométries (**ITDAS, 2015**).

1.9.3- Utilisation de quinoa

Aujourd'hui, le quinoa est quasi uniquement reconnu par le grand public pour la consommation de ses grains dans l'alimentation humaine, néanmoins, d'autres usages existent .

L'homme ne consomme pas uniquement les grains du quinoa, il consomme aussi les feuilles tendres, jusqu'au début de développement de la panicule, ainsi, la teneur en protéines des feuilles peut atteindre 33% de la matière sèche. De même, mais rarement les panicules tendres peuvent être utilisées (**Didier , 2015**).

Les grains sont utilisés de différentes façons, ils peuvent être transformés à la façon des céréales, pour donner des Pseudo céréales complètes, une farine brute ou toastée (après rôtissage des grains), des flocons, de la semoule et une poudre instantanée qui peuvent servir à la préparation de nombreux plats ou boissons. Le quinoa peut s'utiliser pour compléter les farines à base de céréales en ajoutant entre 10% et 30 % de quinoa pour le pain, jusqu'à 40 % pour les pâtes et 70 % pour les biscuits. Les usages de quinoa seul

répondent également à une demande internationale croissante de produits sans gluten (**Didier, 2015**).

- **Résidus de culture**

Le battage du quinoa produit plusieurs résidus de récolte. Stover ("quiri" en quechua) est un mélange de tiges et de feuilles sèches à faible teneur en protéines (7,5% MS) et à haute teneur en fibres brutes (43% MS). La balle («Jipi» en quechua) contient environ 11% de MS de protéine et il a été rapporté qu'elle est comparable à un bon son (**Cardozo et al., 1979**).

- **Le quinoa est une plante halophyte**

Les halophytes, dont les conditions optimales de la croissance ne sont fournies que par des sols salés, se rencontrent d'abord en bordure des rivages maritimes, ou elles sont soumises plus particulièrement à l'action du chlorure de sodium (sur 35g de sels dissous par litre d'eau de mer, il y'a environ 30g de Na Cl) (**Batanouny, 1993. Helmut et Marina, 2003**).

La plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes, plantes dites sensibles aux sels (Vaneijk, 1939). A l'inverse un certain nombre de plantes dites halophytes qui sont naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien voir mieux dans un environnement salin qu'en condition normale (**Hayward, 1956 ; Chourkr et al., 1995**).

D'après **Hamdy et al., (1999)**, une halophyte est une espèce pouvant se produire seulement dans des conditions naturellement saline. Elles sont identifiées comme des plantes qui en conditions naturelles, sont exclusivement trouvées sur des sols sales.

La valeur nutritive du plante halophyteest diversifié du plante à une autre.Le quinoa considérée comme une espèce des halophytes puisqu'elle tolère la salinité.Les halophytes sont riche en protéine brutes, sodium potassium (**Wilson, 1967**).

Chapitre II
Généralités sur le fourrage

Chapitre II: Généralités sur le fourrage**II.1. Les fourrages dans l'alimentation des ruminants**

Les fourrages représentent la principale source d'alimentation des ruminants, ce sont des aliments constitués par l'ensemble des parties aériennes des plantes fourragères provenant des prairies permanentes et temporaires, des cultures fourragères annuelles et des cultures céréalières (plante entières), on distingue cinq classes:

- 1- Les fourrages verts: contenant de 10 à 30% de MS comme les herbes, maïs en vert.
- 2- Les fourrages ensilés: contenant 15-40% de MS ensilage de maïs (plante entière) et ensilage d'herbe.
- 3- Les fourrages secs : contenant 85 à 95 % de MS comme les foins et les fourrages déshydratés et les regains.
- 4- Les fourrages déshydratés artificiellement: cube de luzerne.
- 4- Les pailles et rafles: pailles de céréales, de pois et les rafles de maïs.

Les fourrages peuvent être soit:

- Consommés sur place:

- Sur les pâturages naturels,
- Sur les pâturages cultivés ou cultures fourragères,
- Fauché et distribués en vert, dans des auges ou des râteliers;

- Conservés pour être consommés ultérieurement:

- En vert sous forme d'ensilage,
- En sec sous forme de foin ou de fourrages déshydratés.

-Gestion de fourrage:

0000Les fourrages peuvent être spontanés ou cultivés, ils sont représentés à travers le monde par trois grandes familles qui sont: les légumineuses, les graminées et les crucifères aux quelles s'ajoutent les pâturages arbustifs (**Rivière, 1979**).

Gestion de fourrage

La gestion des ressources fourragères nécessite donc beaucoup de savoir-faire et de capacités d'anticipation de la part de l'agriculteur pour choisir ses ressources fourragères, dimensionner leurs surfaces et planifier leur mode de valorisation afin d'être assez flexible face aux fluctuations du climat. Au-delà des quantités de fourrages offertes, cette gestion doit aussi prendre en compte la valeur alimentaire qui comprend la valeur nutritionnelle (teneur en énergie et en protéines) et la valeur d'encombrement (aptitude des aliments à être ingérés). C'est en gérant de manière cohérente le pâturage et la distribution des stocks récoltés qu'il est possible de trouver un compromis stable sur l'année entre qualité et quantité des fourrages (**Vignau-Loustau et Huyghe,2008**)

II.2.Valeur nutritive des fourrages

II.2.1.Notion de la valeur alimentaire

Le terme de valeur alimentaire d'un fourrage recouvre deux notions complémentaires:

- La valeur nutritive de ce fourrage, c'est-à-dire sa concentration en éléments nutritifs (Énergie, azote, minéraux, vitamines) digestible par l'animal (**Jarrige, 1988**).

D'après (**Jarrige, 1988**)et (**Soltner, 1999**) l'estimation plus précise de la valeur d'unfourrage peut être obtenue à partir d'une analyse au laboratoire.

Les méthodes d'estimation de la valeur des aliments reposaient principalement sur la composition chimique des aliments (**INRA, 1981;Jarrige, 1988**).

Une méthode enzymatique associant la pepsine et une cellulase permet de prévoir la digestibilité des fourrages (**Aufrere et Michalet-Doreau, 1983 et 1988, Aufrere et Demarquilly, 1989**).

Cependant, la valeur alimentaire est susceptible de variations importantes qui sont liées aux conditions agro - écologiques (sol et climat), aux conditions de l'exploitation (fertilisation, stade de coupe), aux procédés de conservation (fanaison, ensilage) et aux stades de développement (**Jarrige, 1981**).

II.2.2. Composition chimique des fourrages

Selon **Lapeyronie (1982)**, la proportion des différents constituants organiques fournis par l'analyse permet de déterminer sa valeur nutritive. L'évolution pondérale d'un rendement en matière verte doit être précisée par la teneur en matière sèche du produit, celle-ci peut être très variable avec les espèces ; les conditions d'exploitation et les opérations d'analyse comprennent les recherches suivantes : matière sèche (MS), matières minérales (MM), matières azotées totales (MAT), matières grasses (MG), et cellulose brute (CB).

II.2.3. Valeur nutritive

La valeur nutritive d'après (**Whitteman, 1980**) et (**Clement, 1981**), c'est la capacité d'un aliment ou d'une ration à couvrir les besoins nutritionnels d'un animal. Selon **Soltner (1986)**, la valeur nutritive représentée par la valeur énergétique et la valeur azotée, dépend surtout de la digestibilité de la matière organique de l'aliment.

II.2.4. Ingestibilité

La quantité volontairement ingérée de fourrage pour un animal donné, dépend des caractéristiques du fourrage, qui déterminent son ingestibilité et des caractéristiques de l'animal (**Andrieu et Baumont, 2000**).

L'ingestibilité des plantes fourragères classiques selon **JArrige et al.,(1974)** cités par Andrieu et Baumont 2000, varie dans le même sens que leur digestibilité, mais à même digestibilité, il existe des différences importantes d'ingestibilité, notamment selon :

- la nature botanique des fourrages
- le rapport feuilles / tiges ;
- la proportion de constituants intracellulaires ;
- la proportion de parois.

Selon **Jarrige (1984)**, la prévision de l'ingestibilité reste aléatoire. L'ingestibilité d'un fourrage diminue au fur et à mesure que la plante vieillit. Elle diminue également lorsque la teneur en MAT diminue et lorsque la teneur en CB augmente. Pour les fourrages, une augmentation de la digestibilité se traduit par une augmentation de leur ingestibilité.

II.2.5. Facteurs de variation de la valeur alimentaire

D'après (**Tisserand ,1991**), la valeur nutritive des plantes fourragères joue un rôle important dans l'alimentation des ruminants. Le sol, le climat, l'altitude exercent un effet important sur la valeur alimentaire de l'herbe qui diminue au cours de la croissance. La température, l'ensoleillement et l'aridité ont une influence directe sur la composition chimique des fourrages et, par conséquent, sur leur valeur nutritive.

II.2.5.1. Facteurs extrinsèques

Selon **Felix et al.,(1971)** cité par (**Rekik ,2004**), la productivité d'une culture à élaborer une masse de matière sèche, est déterminée par l'espèce exploitée et par l'incidence du climat sur le complexe : plantes, techniques culturales.

Les différences bien connues de la valeur nutritive entre les fourrages des pays tempérés et des pays tropicaux ++sont à l'origine de nombreuses études sur l'influence des conditions

climatiques sur la composition chimique et la valeur nutritive des fourrages (Demarquilly, 1982).

Le climat agit sur la composition chimique des fourrages par la majorité de ses composantes. L'action de la température sur la croissance est la résultante de son action sur la photosynthèse et les réactions métaboliques, mais aussi sur l'alimentation hydrique et minérale (Heller et al., 1995).

- **La lumière**

La diminution de l'intensité lumineuse influe les teneurs en MS et en glucides solubles. En revanche, elle augmente les teneurs en cendres et, le plus souvent, les teneurs en constituants pariétaux, notamment en cellulose et en lignine. Cette augmentation des teneurs en constituants pariétaux affecte aussi bien les feuilles que les tiges (Deinum et Dirven, 1972).

- **Humidité du sol et de l'air**

La sécheresse suffisamment prolongée peut diminuer de façon importante la valeur nutritive. Un déficit hydrique léger affecte l'allongement des tiges : la plante sera plus feuillue, plus riche en azote (MAT) et plus digestible (Wilson, 1981).

II.2.5.2-Facteurs intrinsèques

II.2.5.2.1. Variation en fonction de la famille botanique

Selon Lapeyronie, (1982) il existe entre les deux groupes de plantes graminées et légumineuses des différences importantes de composition.

II.2.5.2.2. Variation en fonction des stades d'exploitations

Une modification de la composition chimique durant les différents stades de développement des plantes est rapporté par (Jarrige, 1988).

La composition d'un fourrage diffère selon le stade de la plante, elle s'enrichit en cellulose brute aux dépens des matières azotées. La valeur énergétique et azotée des fourrages varie d'un stade à l'autre de la même plante, elle est plus importante aux premiers stades.

II.3. Le quinoa dans l'alimentation animale

La plante entière du quinoa sert de fourrage vert, est peut être aussi utilisée en complément dans l'alimentation animale. Les résidus de récolte sont intégrés dans l'alimentation des bovins, Ovins, chevaux et volailles. Différents essais de transformation en ensilage existent au Chili et en Bolivie pour conserver au quinoa transformé une haute valeur nutritionnelle, équivalente au fourrage vert de base (**Didier, 2015**).

Selon **Gonzalez et al., (2016)**, le quinoa peut fournir du fourrage frais aux ruminants dans les endroits où les autres fourrages sont rares, et contient suffisamment de protéines et de matière sèche pour fournir un fourrage précieux tout en permettant une meilleure récolte de céréales avec les plantes restantes.

La digestibilité *in sacco* DM du fourrage de quinoa frais se situait entre 55 et 74%; les variétés précoces et intermédiaires sont plus digestes que les variétés de fin de saison qui en possèdent respectivement 66, 63 et 59% (**Banuelos et al., 1995**).

Matériel et méthodes

Chapitre III. Matériel et méthodes**II.1.Objectif**

Au cours de cet essai, nous avons tenté d'étudier la variabilité de la composition fourragère de deux variétés de quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. Giza et Q102 cultivées dans les conditions édapho-climatiques de la région de Ouargla.

III.2. Présentation du site d'étude

Notre essai a eu lieu au sein de l'exploitation de l'université Kasdi Merbah d'Ouargla. L'exploitation se trouve au sud-ouest d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville. Elle s'étend sur une superficie totale de 32 ha dont 16 ha de SAU mais 14 qui sont cultivés principalement avec du palmier dattier (*Phoenix dactilifera*) (Berkal, 2016). Notre essai s'est déroulé dans la parcelle B2-1 qui est une parcelle (figure 11).

Ses coordonnées sont les suivantes :

- Latitude : 31°57' Nord.
- Longitude : 5°20' Est.
- Les altitudes sont comprises entre 132,5 et 134,0 m (Mahboub, 2008).



Figure 3. Situation géographique de l'exploitation de l'université d'Ouargla (google map)

III.3. Caractéristiques climatiques du site d'étude

Le climat de notre site expérimental pour la campagne 2019/2020, se caractérise par des températures maximales qui ne dépassent pas les 31°C durant le cycle de développement du quinoa (tableau 03).

Les températures minimales sont de 7.4°C pour le mois octobre et 3.2 °C pour le mois de janvier. L'intervalle de température moyenne est entre 11.4° C (mois de janvier) à 24.4° C (mois octobre)

Nous pouvons conclure que la plante était dans les conditions favorables pour son développement du point de vu température ambiantes, notamment dans les stades phénologiques critiques (stade laiteux).

Tableau 3:Les températures enregistrées durant la campagne 2019/2020

Mois	T min	T max	T moy
oct-19	17,4	31,4	24,4
nov-19	9,8	23,9	16,8
déc-19	7,1	21,4	14,3
janv-20	3,2	19,5	11,4
févr-20	6,6	23,9	15,3
mars-20	11,4	26,2	18,8
avr-20	16,6	31,1	23,9

(O.N.M Ouargla, 2020)

III.4. Caractérisation édaphique et hydrique de l'exploitation

Le sol est un sol sabloneux, dune de sable (aportée dans le cadre de réalisation de la palmerie de l'exploitation de l'IAS.Université de ouargla)

Concernant l'eau d'irrigation puisée à partir de la nappe Sénonien, est caractérisée par un pH alcalin égal à 8 et une conductivité électrique de 3.7 m S/cm, classé comme une eau à salinité très forte (**Berkal, 2016**).

III.5.Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est représenté par deux variétés de quinoa *Chenopodium quinoa* Giza 01 et *Chenopodium quinoa* Q102.Les semences ont été récupérés auprès L'ITDAS de Hassi Ben Abdallah (Ouargla).

Les deux variétés (figure 12) présentent les caractéristiques suivantes :

- GIZA est une variété/population Egyptienne
- Q102 : *Amarilla Sacaca* est une variété qui a pour origine le Pérou.

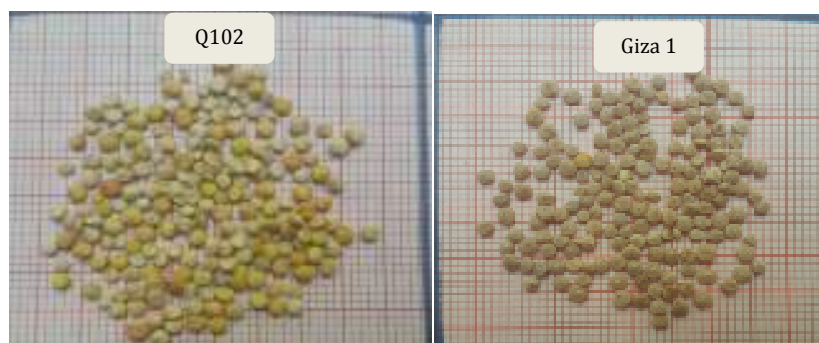


Figure 4 : Graines de quinoa utilisées

III.5. Méthode d'étude

III.5.1. Installation et conduite de l'essai

Le travail à été mené dans un cadre de double objectifs : Etude de comportement varietale de 03 variété (Q101, Q102, Giza 1) et la composition chimique de 02 variété (Q102, Giza).

Le dispositif expérimental adopté (**Figure 05**) est en bloc aléatoire complet avec trois répétitions avec trois blocs. Le nombre de parcelles est de 09, avec 8m² dans chaque micro parcelle. Le nombre de plants par ligne est de 19 et le nombre de plants par bloc est de 285.

Après un labour en automne (4 octobre), suivi d'un nivellement, une fertilisation de fond (ton/hectare) mélangé de fumier de bovin et caprin.

Le semis (**figure 06**) est effectué manuellement le 24 Octobre 2019 à raison de 3 graines par poquet à une profondeur de 2,5 cm, l'irrigation avec le système goutte à goutte se fait deux fois par semaine jusqu'à la fin de stade graine pâteux on la réduit.

Le désherbage a été effectué à la main tout au long du cycle végétatif de la culture

GIZA1	Q102	Q101
Q102	Q101	GIZA1
Q101	GIZA1	Q102



Figure 5 : Dispositif expérimental

Figure6: la mise en place des semences

III.5.2. Echantillonnage des plantes

Le choix des plantes a été aléatoire, basé essentiellement sur le stade phénologique (**tableau 04**). Les plantes retenues pour l'analyse ont été récoltées régulièrement en fonction du stade de développement des plantes à partir du mois de Novembre.

Nous avons retenu principalement deux (02) phases ou bien stades qui sont :

- * Phase ramification : correspondant au stade de huit feuilles, soit 52 à 60 jours après le semis.
- * Phase maturation : phase post-récolte: récupérer tous les résidus de récolte composé essentiellement de tiges lignifiées, panicules vides (sans fruits),des feuilles complètement desséchées.

Tableau 4 : Différents organes prélevés en fonction du stade de développement

Phases	Ramification	Maturation
Périodes	Décembre 2019-janvier 2020	Mars –Avril 2020
Phases analyses	FeuilleTige	Résidu de la plante

Le prélèvement des échantillons se fait à la moyenne sur trois plantes choisies au hasard à chaque stade sur toute la partie aérienne. Ces dernières sont mises dans des

sachets en plastique étiqueté où sont mentionné : le stade phénologique et la date du prélèvement.²

III.5.3. Suivi des stades phénologiques

Nous avons fait le suivi des différents stades phénologiques des deux variétés, et cela enreperantet comptant le nombre de jour, après semis, correspondant à chaque stade de croissance. Nous avons choisi le cycle phénologique de **Mujica et Canahua (1989)** qui proposent 12 phases. Les durées indiquées de chaque phase sont des nombres de jours moyens. Un stade est atteint lorsque 50% des plantes sont à ce stade. Les différents stades sont: successivement : levée, deux feuilles, quatre feuilles, six feuilles, ramification, début de formation de la panicule, panicule, début de floraison, floraison, grain laiteux, grain pâteux, et maturité physiologique.

III.5.4. Préparation de l'échantillon

Chaque échantillon a été reparti en trois lots afin de faciliter sa préparation au broyage.

Avant le broyage on a netoyer les echantillions de tout particule et pour chaque prélèvement on a fait un premier séchage est fait dans une étuve ventilée et réglée à 50-55 °C pendant 72 h après avoir été débarrassés de toutes particules étrangère à la nature de la plante. Ensuite et sur une paillasse bien javellisée un triage en feuilles et tiges est fait et de nouveau ces échantillons vont subir un deuxième séchage dans des barquettes en aluminium étiquetées (date de récolte et code d'échantillon), le séchage se fait toujours dans une étuve ventilée à une température de 50-55 °C pendant 24h.

Tout ces échantillons ont été ensuite broyés dans un broyeur à travers une grille de 1 mm de diamètre, puis conservés dans des boites closes jusqu'au jour de leurs analyses.

III.6. Détermination de la composition chimique

L'analyse de la composition chimique d'un fourrage permet de prévoir sa valeur alimentaire et ainsi d'ajuster la ration distribuée aux animaux. A partir de la composition chimique du fourrage, des équations de prévision (**INRA, 2018**) permettent de calculer des critères intermédiaires tels que la digestibilité de la matière organique ou la dégradabilité de l'azote. Ces critères sont ensuite utilisés pour le calcul de la valeur alimentaire du fourrage (les valeurs UE, UF et PDI).

La composition chimique d'un fourrage permet également de calculer les quantités de fourrage à distribuer, d'ajuster la complémentation en concentrés et/ou d'évaluer la qualité de conservation des ensilages.

Pour chaque analyse le nombre de répétition était trois (03) essais pour chaque échantillon.

III.6.1.Détermination du taux en matière sèche

III.6.1.1.Principe

Lorsque l'échantillon est placé dans une étuve maintenue à 105°C jusqu'au poids constant, toute l'eau s'évapore et le résidu sec s'appelle la matière sèche (MS). La teneur en humidité des aliments est déterminée par la perte de poids subie après séchage à une température de 103°C pendant 4 heures (AFNOR, 1982 : in CIRAD, 2003).

III.6.1.2. Matériel

- Etuve réglée à 105 °C (Heraeus).
- Creusets en porcelaine.
- Balance de précision (Sartorius).
- Spatule
- Dessiccateur garnit d'un agent déshydratent efficace.

III.6.1.3.Méthode

Pour déterminer le taux de la matière sèche un gramme (1g) de l'échantillon est pesé (P0) dans un creuset en porcelaine préalablement taré (P1) ensuite il est placé dans une étuve réglée à 105 °C pendant 24h, après cette étape le creuset est sorti de l'étuve, transportés soigneusement et en évitant toute source d'humidité vers le dessiccateur pour avoir un poids constant. Après presque plus un demi-heure nous pesons le creuset (P2) et la différence du poids représente le taux d'humidité.

Le taux d'humidité est calculé par différence entre le poids frais et le poids sec.

$$\%MS = \frac{P2 - P1}{P0} \times 100$$

P0= représente le poids du creuset.

P1 = représente le poids du creuset et résidus avant le séchage.

P2 = représente le poids du creuset et du résidu après le séchage

$$\%H_2O = 100 - \%MS$$

III.7. Détermination des cendres ou matière minérale totale**III.7. 1.Principe**

Les cendres brutes sont obtenues après destruction de la matière organique par incinération dans un four à moufle pendant 4 heures à 500°C (AFNOR, 1982 in CIRAD, 2003).

III.7. 2.Matériel

- Four à moufle (Heraeus).
- Balance de précision (Sartorius).
- Dessiccateur garnit d'un agent déshydratant efficace.

III.7.3.Méthode

Après la détermination de sa teneur en matière sèche, l'échantillon est mis dans un four à moufle à une température égale à 500 °C durant une nuit (plus que 12 heures). Laisser le creuset refroidir à l'intérieur du four un certain temps avant de le mettre dans le dessiccateur pour avoir un poids constant, puis on le pèse pour avoir un nouveau poids (P3) qui détermine le taux des cendres après la disparition de la matière organique.

La teneur en cendres est calculée par différence :

$$\text{Cendres (MM)} = \frac{P3-P1}{P2-P1} \times 100$$

P1 = poids du creuset

P2 = poids du creuset de l'échantillon

P3 = Poids du creuset contenant le résidu après calcination

III.8. Détermination la matière organique

La matière organique est déterminée en appliquant cette formule :

$$\text{MO}\% = 100 - \% \text{ cendres}$$

III.9. Détermination de la cellulose brute**III.9.1. Principe**

Elle est fondée sur la méthode de WEENDE. La cellulose brute est obtenue après deux hydrolyse successives, l'une en milieu acide par l'acide sulfurique (H₂SO₄) et l'autre milieu alcalin par hydroxyde de potassium (KOH), (AFNOR, 1993 in CIRAD, 2003).

III.9.2. Matériel

Dessiccateur

Etuve réglée 103 C° à +/- 2 C°

Extracteur de fibres (6 postess)

Creuset filtrent de porosité 40 um-90 um

Four réglé à 525 C° +/- 25 C°

Système d'extraction de la matière grasse

Fiole à vide réservée extensivement pour la filtration de solvant recyclable.

III.9.3. Méthode

A partir d'une prise d'essai, on pèse 0,5g d'échantillon PE.

Cette méthode consiste à une double hydrolyse, la premier par l'acide sulfurique (H₂ SO₄) et la seconde par l'hydroxyde de potassium (KOH) suivie d'un lavage avec l'acétone, un étuvage de 2h à 105 C°, refroidir dans le dessiccateur et peser P1 et une calcination de 1h à 525C° dans un four à moufle laisser refroidir et peser P2 .

La teneur en cellulose brute exprimée en pourcentage par rapport au sec est égale à

$$CB (\%) = \frac{P1 - P2}{PE} \times 100 / MS \times 100$$

P1: poids de l'échantillon après l'étuvage correspondant au poids de la cellulose brute sèche (en gramme) avant calcination.

P2: poids de l'échantillon après calcination

PE : poids de l'échantillon

MS : Teneur en matière sèche de l'échantillon, exprimée en %

*Résultats et
discussion*

Résultats et Discussion**IV.1.Résultats****IV.1.1. Composition chimique**

Les résultats obtenus sur la composition chimique (MS, MM, MO et CB) des organes (feuilles et tiges) ainsi que les résidus de la plante sont rapportés dans les différentes figures.

IV.1.2. 1.Taux de matière sèche**IV.1.2. 1.1.Taux de matière sèche dans les feuilles**

La figure 08 représente le taux de la matière sèche au niveau des feuilles des deux variétés.

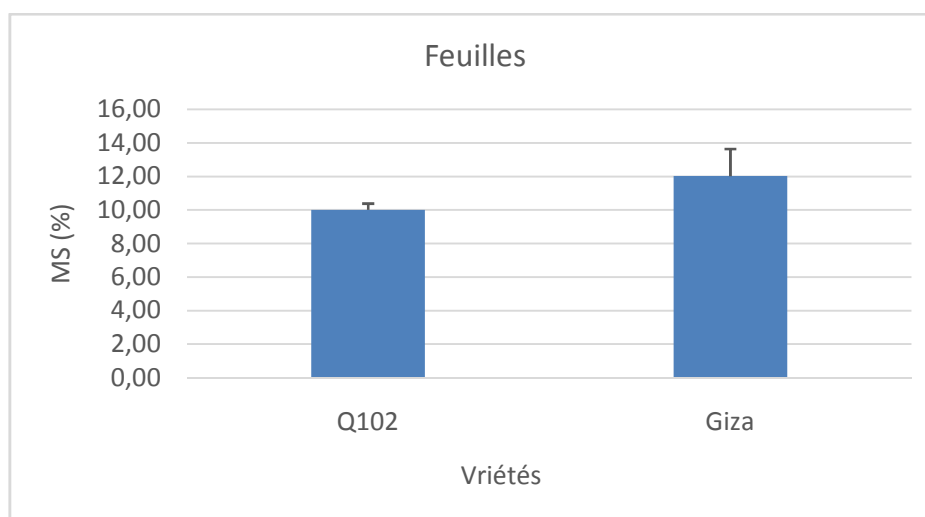


Figure 6: Taux moyen de matière sèche (% MS) au niveau des feuilles de quinoa

On remarque dans la figure 12 que la variété Giza possède un taux moyen de matière sèche le plus élevée (12,02%) suivie par variété Q102 avec une moyenne de 10%.

IV.1.2. 1.2.Taux de matière sèche dans les tiges

Le taux moyen de la matière sèche au niveau des tiges est indiquédans la figure 09pour les deux variétés GIZA et Q102



Figure 7: Taux moyen de matière sèche (% MS) au niveau des tiges de quinoa

La lecture de la figure 09 que c'est la variété Giza qui présente le taux de matière sèche la plus élevée avec une moyenne de 18,52%; ce taux diminue légèrement à 17,39% pour la variété Q102.

IV.1.2. 1.3.Taux de matière sèche dans les résidus

La figure 10 illustre le taux de la matière sèche des résidus pourdes deux variétés.

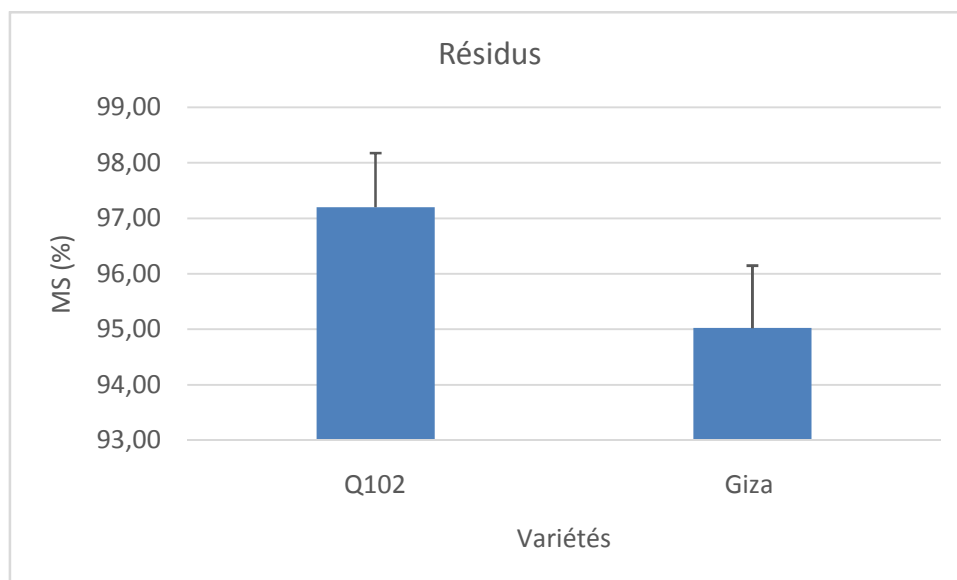


Figure 8: Taux moyen de matière sèche (% MS) des résidus de quinoa

On remarque que le taux de matière sèche le plus élevé est obtenu chez la variété Q102 avec une moyenne de 97,20%; alors que pour la variété Giza, celui –ci est de 95,03

IV.1.2.2. Taux de matière organique dans les feuilles

La figure 11 représente la variation du taux moyen de matières organique de %MS pour les deux variétés étudiées. Le taux de matière organique le plus élevé est observé chez les feuilles de la variété Q102 (61,90%), et le plus faible chez les feuilles de la variété Giza (57,85%).

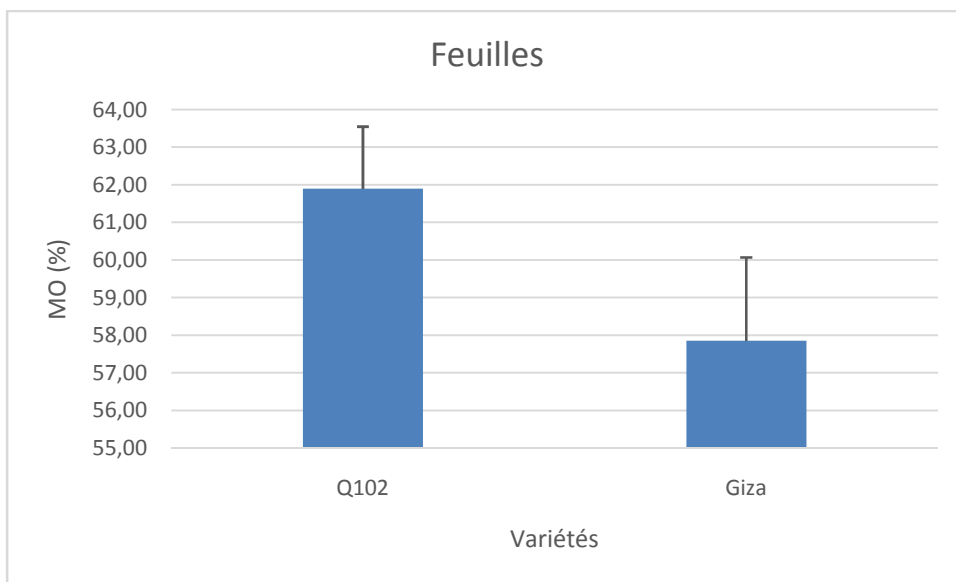


Figure 9: Taux moyen de matière organique de % MS au niveau des feuilles de quinoa (Q102 et Giza 1)

IV.1.2.3. Taux de matière minérale dans les feuilles

La figure 12 illustre les résultats du taux moyen de matière minérale pour les deux variétés étudiées. Elle montre également comme pour la MO, que ce sont les feuilles de la variété Giza qui représentent la teneur la plus élevée (42,15 de %MS) en cendre, contrairement aux feuilles de la variété Q102 qui indiquent un taux de 38,10 de %MS.

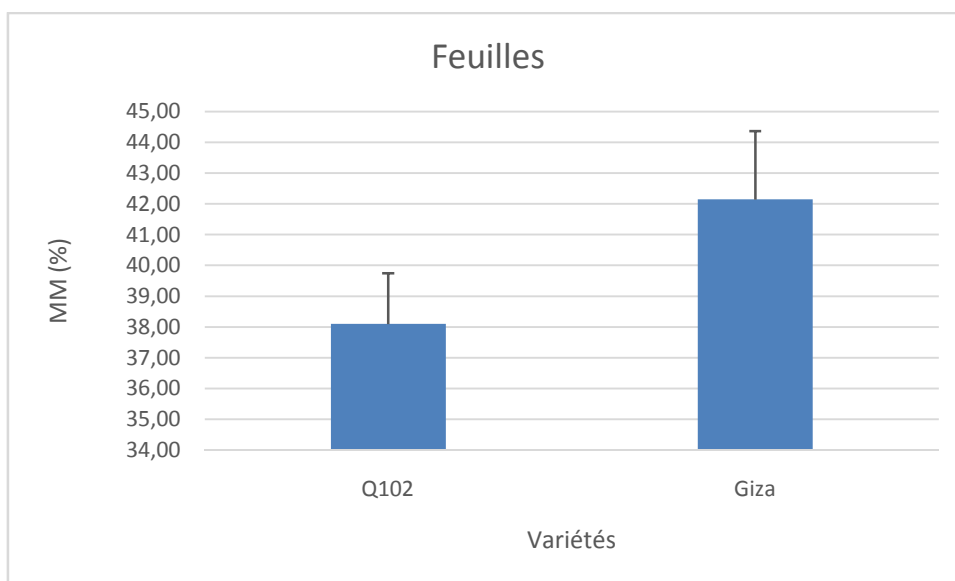


Figure 10: Taux moyen de matière minérale de % MS au niveau des feuilles de

IV.1.2.4. Taux de cellulose brute

IV.1.2.4.1. Taux de cellulose brute dans les feuilles

La variation du taux moyen de cellulose brute de % MS au niveau des feuilles pour les deux variétés étudiées est représentée dans la figure 13. Il ressort de sa lecture que le taux de cellulose brute le plus élevé est indiqué pour la variété Q102 avec une moyenne de 13,58%; alors que pour la variété Giza, ce taux a baissé légèrement à une moyenne de 12,22 %.

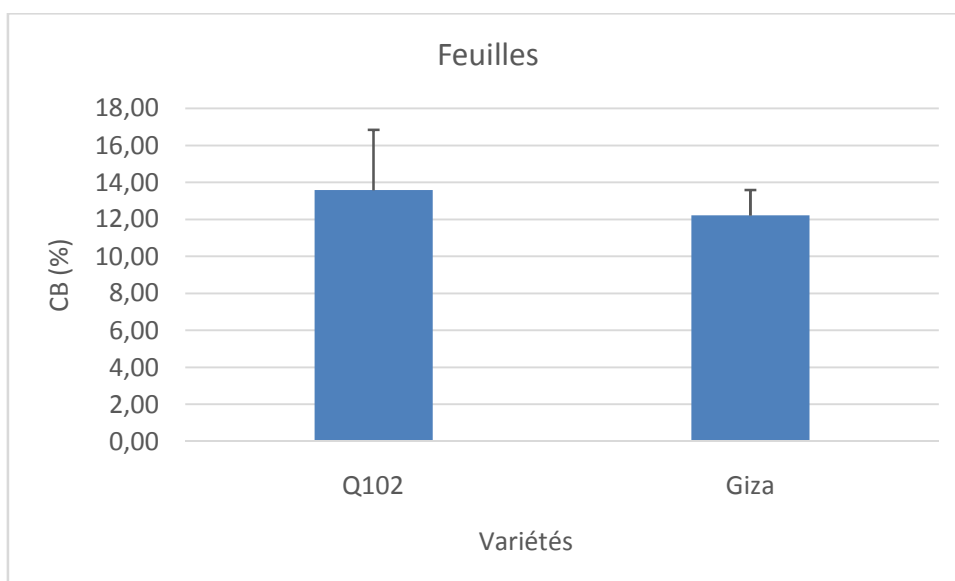


Figure 11 : Taux moyen de cellulose brute de % MS au niveau des feuilles de quinoa

IV.1.2.4.2.Taux de cellulose brute dans les tiges

La figure 14 montre la variation du taux moyen de cellulose brute de % MS au niveau des tiges pour les deux variétés. Selon cette figure 14, on remarque également le taux de cellulose brute est plus élevé au niveau des tiges de la variété Q102 qui indique une teneur de 16,37%, contrairement aux tiges de la variété Giza qui présentent un taux légèrement faible égal à 14,83%.

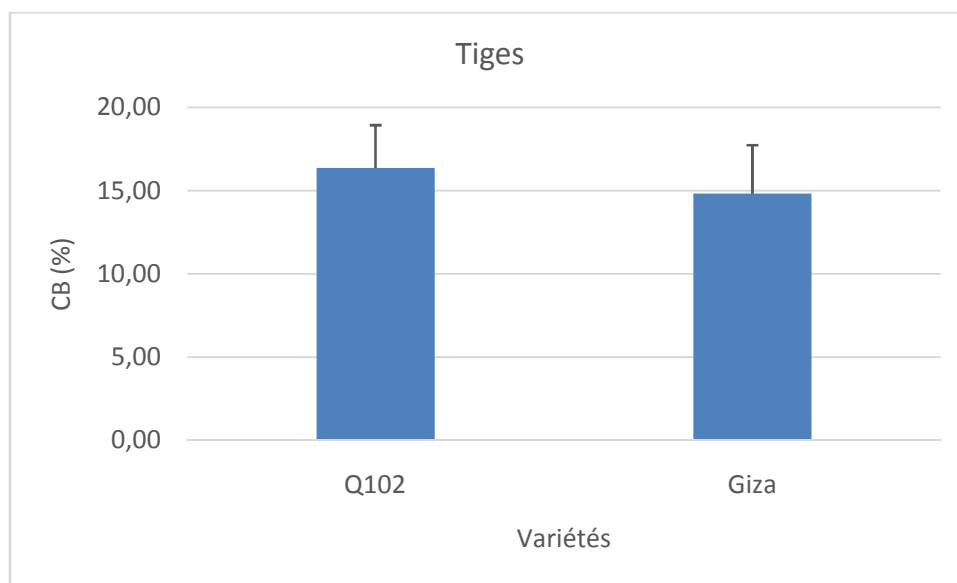


Figure 12:Taux moyen de cellulose brute de % MS au niveau des tiges de quinoa

IV.1.2. les stades phénologiques

Détermination des dates et durée de différentes phases de développement

Durant l’essai nous avons suivi les stades phonologiques on prenant comme repère ce qui a été dit dans la bibliographie (Espingole, 1986).tableau les phases

Tableau : Les stades phénologiques de quinoa variété Giza et Q102(Yagoub et Ben Rezkia,2019)

les variétés	Giza1	Q102
les stades		
Stade levée	08	10
Stade 02feuille varié	13	13
Stade 04feuille varié	21	23
Stade 06feuille varié	27	39
Ramification	36	49
Début de formation de	47	67

panicule		
Panicule	68	86
Début de floraison	80	94
Floraison	93	104
Grain laiteau	103	140
Grain pateau	153	160
Maturité physiologique	163	169

Le **tableau** montre la durée en jours de chaque stade végétatif pour les deux variétés de quinoa. A travers les résultats obtenus et d'une façon générale nous avons remarqué une grande hétérogénéité dans la croissance et l'apparition des différents stades phénologiques.

En effet, les graines de la variété Giza ont germé plus rapidement que la variété Q102.

Pour les premiers stades (levée- deux feuilles) ; nous avons noté un intervalle de (8 à 13 jours) pour les deux variétés, pour les stades phénologiques suivants jusqu'à la maturité physiologique, des intervalles sont également notés. La variété qui a atteint son cycle végétatif rapidement est la Giza avec une moyenne de 163 jours, et parla variété Q102 avec 169jours.

IV.2.Discussion

La production de fourrage, moins exigeante que beaucoup d'autres cultures, peut être pratiquée dans de nombreuses situations. Ces fourrages peuvent être directement pâturés par le bétail, ou coupés, distribués verts ou subir des transformations comme le hachage et le séchage.

A travers ses premiers résultats obtenus et d'une façon générale, nous avons constaté qu'il y a une variation importante des différents stades repères. En effet, les graines de la variété Giza ont germé plus rapidement que la variété Q102. La germination n'a pas été homogène au niveau de toutes les parcelles, cette hétérogénéité, est peut être due au semis qui a été effectuée tard.

Les résultats des différents paramètres analysés à travers la composition chimique de la biomasse consommable (feuilles, tige, résidu) de la plante de quinoa cultivée en plein champ dans l'exploitation de l'université de Ouargla montrent que d'une manière générale les deux variétés (GIZA 1 et Q102) étudiées présentent des teneurs en matière sèche, matière organique, matière minérale, et en cellulose brute variable qui sont fonction de variété.

La teneur en matière sèche analysée au niveau des feuilles et tiges chez les deux variétés de *Chenopodium quinoane* montrent pas une grande variation par rapport aux organes, en effet, les feuilles échantillonnées durant la période végétative (stade 8 feuilles) sont encore jeunes et très fraîche, il est normal que les tissus qui les forment sont à paroi cellulosiques et pas encore lignifiées. Pour cela, leur taux de MS est faible, alors que le taux d'humidité est élevé, il est de 90% et 88 % respectivement chez les feuilles de Q102 et Giza. Il en est de même pour les tiges qui indiquent des taux plus élevées en MS (17,4 % et 18,5 %) par rapport aux feuilles. Néanmoins, les tissus formant les tiges sont solide et contient des tissus de soutien de type collenchyme ; leur teneur en humidité est de l'ordre de 82 % . Nos résultats sont comparables à ceux de la bibliographie qui indiquent que la teneur de la MS connaît une augmentation graduelle tout au long de son évolution. Celle-ci est faible à moyenne durant les phases végétative, floraison, alors qu'en la phase finale (plante sèche), la valeur de la MS devient plus importante est la plus importante. A cet effet, le taux de matière sèche obtenus dans les résidus de la plante est très élevé, il est respectivement de 97,20% et de 95% chez la variété Q102 et Giza.

Des résultats similaires ont été rapportés par **vonRütte, (1988)** qui ont indiqué des teneurs en MS variant entre 12,6 à 18,6% au niveau de la partie aérienne de quinoa durant la période prélèvement de 9 à 16 semaines.

Nos résultats sont également semblables à ceux de **Amrani (2006)**, qui a obtenu des teneurs en MS de 11.36, 15.49 et 28.09% respectivement pour les phases végétatives, floraison et maturation chez le chardon marie cultivé, et qui rapporte également que les tiges renferment plus de la MS que les feuilles 16.46% et 14.63% respectivement.

D'autre part, **Berri (2008)**, rapporte que le taux de MS varie entre 27% et 35,3% chez les feuilles d'*Atriplex halimus* et *A. canescens* récoltées des arbustes jeunes dans la région de Ouargla.

Selon **Heller (1977)**, en général les variations de la teneur en eau des végétaux s'expliquent principalement par l'évolution du volume des vacuoles rendue possible par une certaine extensibilité des parois; au fur et à mesure que les structures de la cellule jeune se différencient (épaississement de la membrane, développement des organes), la teneur en eau s'abaisse. Les proportions d'eau varient en fonction de la phase végétale ; de l'organe de la plante (feuille, tige, fruit), de la saison et la nature du sol, à l'état jeune les plantes fourragères peuvent contenir de 88 à 90% d'eau.

D'après **Gillet, (1980)** la teneur en matière sèche varie en fonction du stade de développement de la plante, et aussi en fonction de la composition morphologique et de la croissance de l'herbe.

Ces différences obtenues concernant la teneur en matière sèche, peuvent être liées aux conditions de la culture (date de semis, irrigation, fertilisation...), au stade de prélèvement et aussi aux conditions de conservation des échantillons ou bien à la manipulation au niveau de laboratoire.

En ce qui concerne les taux de matière organique obtenus, nos résultats montrent que les feuilles de Q102 sont légèrement plus riches en MO (62 de %MS) que celles de Giza (58%). En revanche, le taux de cendre est plus élevé dans les feuilles de Giza (42,15de %MS) que dans celle de Q102 (38de %MS).

Ces résultats semblent être très élevées par rapport à ceux rapportés par **(González et al., 2016)** qui indiquent des teneurs en matière organique dans les feuilles des plantes âgées de 110 jours de semi qui varie entre 37,7de %MS pour la variété Sajamaet 42de %MS pour la variété Kancolla.

La composition en matière organique est étroitement liée à la photosynthèse et la fraction minérale. Le feuillage de quinoa est extrêmement riche en matière minérale, avec des valeurs supérieures à 30% MS (**Vonrutte, 1988**).

D'après **Baumont et al.,(2009)**, la teneur minérale des fourrages varie fortement avec la famille botanique. Ceci est probablement dû à une accumulation d'éléments minéraux en raison de leur caractère halophile **Chellouh (2003)**. D'autres facteurs liés à la conduite de la culture, fertilisation, récolte,...) et aussi à la variété utilisée et aux conditions édapho-climatiques (**Sauvant et al, 1988**).

Pour les résultats de la teneur en cellulose brute, il ressort que pour les feuilles des deux variétés, les valeurs sont presque identiques, ils varient de 13,7de %MS pour la variété Giza et de 12de %MS pour la Q102 et pour les tiges, le taux de CB est plus élevé chez la variété Q102 (16,4% MS) et 15% MS pour la variété Giza. En comparant entre les organes, il ressort que ce sont les tiges qui sont plus riches en cellulose brute que les feuilles.

Nos résultats semblent être proches de ceux de **Amrani (2006)** qui obtient un taux de 11,11% MS chez le chardon marie au niveau des feuilles durant la phase de végétation. Ce dernier précise également que la teneur des tiges en cellulose brute est supérieure à celle des feuilles durant la phase de floraison (19,25% contre 12,64%). Néanmoins, nos valeurs restent faibles en comparaison aux différents fourrages verts classiques obtenus durant le phase végétative et la floraison. Comme par exemple le dactyle, le fétuque, le ray gras d'Italie (au 1er cycle et phase feuillu), le seigle (débutmontaison), le trèfle blanc et le trèfle violet (au 1er cycle, végétatif), renferment dans l'ordre 17.7 ; 18.6 ; 17.8 ; 19 ; 17.5 ; et 15.2% de cellulose brute (**INRA, 1988 in Amrani 2006**).

L'évolution de la cellulose brute est régulière avec l'âge de la plante. En général, la teneur des tiges en parois cellulaires est supérieure à celle des feuilles et elle augmente avec l'âge (**Jarrige, 1981**). Les feuilles sont plus riches en matières azotées et en cendres que les tiges comme rapportées par **Andrieu et Demarquilly, (1987b)**

Les proportions de cellulose dans les parois sont également toujours plus élevées dans les tiges que dans les feuilles. Nos résultats obtenus pour le quinoa suivent cette tendance.

La teneur en cellulose brute est influencée par la phase de développement, la composition morphologique et l'âge de l'aliment (**Deinum et Dirven, 1976**), et par les facteurs agro climatiques en particulier la température élevée (**Jarrige et al., 1995**).

Globalement les variations de la composition chimique observée entre les deux variétés peuvent s'expliquer essentiellement par :

- ✓ l'âge de la plante
- ✓ stade de développement
- ✓ les conditions pédoclimatiques (**Pouget, 1980**)
- ✓ l'organe de la plante
- ✓ manipulation au niveau de laboratoire

Remarque

Nous avons rencontré beaucoup de problèmes pour la réalisation des analyses:

- Dûs à l'absence totale de produits chimique, ou bien au manque /indisponibilité du matériels.
- Insuffisance de la biomasse de la plante précisément au stade de ramification.
- Nous n'avons pas pu effectuertoutes les analysesprévues durant le stade de maturation et récolte, vu la situation sanitaire du pays.
- De même, l'étude de la valeur nutritive n'a pas été effectuée.

Acet effet, nous précisons que nous avons effectué des analyses de la MS, MO et CB au niveau des feuilles durant le stade ramification et au niveau des tiges, nous avons analysé la MS et la CB.

Conclusion

Conclusion

A la lumière des résultats obtenus concernant notre étude entreprise dans l'exploitation de l'université de Ouargla qui a pour objectif de déterminer la composition chimique de la plante d'une des plantes halophytes nouvellement introduite en Algérie qui est le *Chenopodium quinoa* et ceci dans le but de la valoriser et d'utiliser toutes ses parties comme fourrage dans l'alimentation du bétail.

Les résultats des analyses chimiques montrent qu'il y a une variation de la teneur en MS, CB, MO, et en MM% entre les deux variétés.

- Le taux de matière sèche des feuilles et tige de la variété Giza est plus important que celui des feuilles et tige de la variété Q 102.
- Diminution de la teneur en MS en stade de ramification. Par contre pour les résidus la teneur en MS% est plus importante ce qui explique que la plante jeune sa teneur en MS% est faible par rapport à la plante adulte.
- la matière organique sa teneur est importante dans les feuilles de la variété Q102 que les feuilles de la variété Giza, par contre la teneur en matière minérale des feuilles de la variété Giza est élevée à celle de la variété Q102.
- La CB% dans les tiges de variété Q102 est assez importante que celle de Giza,
- Les feuilles de la variété Q102 sont plus riches en CB que celles de la variété Giza.

En comparant par organe, on observe que la teneur des tiges en CB est supérieure à celle des feuilles. Chaque type de plante a une valeur alimentaire (teneur en MS, minéraux, ...) propre et celle-ci évolue au cours du temps, ou plus précisément en fonction du stade de développement des plantes.

La qualité d'un fourrage dépend de nombreux facteurs dont la composition chimique, le stade de développement des plantes, des techniques culturales....

En plus

Les résultats obtenus pour les stades phénologiques, il est possible de retenir les points suivants:

- ✓ Une variation importante des différents stades repères.
- ✓ Les graines de la variété Giza ont germé plus rapidement que la variété Q102.
- ✓ Levée précoce de la variété Giza par rapport à la variété Q102.
- ✓ Ralentissement de croissance au niveau de la variété Q102.

Il serait souhaitable de poursuivre ce travail par d'autres études afin de confirmer ces résultats, en tenant compte de la variation saisonnière et d'apprécier la valeur nutritive durant tout le cycle phénologique de ces espèces pour de déterminer le stade optimum de leur utilisation.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdelguerfi A, Laouar , Abbas K, M' HammediBouzina M.,(2008).** Les productions fourragères et pastorales en Algérie : situation et possibilités d'amélioration. Agriculture et développement (INVA Alger) ; 6,14-25.
- Amrani O., 2006.** Valeur nutritive du chardon marine (*silybum marianum*(1) Gaerthn) « Tawra » 81p.
- Andrieu J , Demarquilly C., 1987 a.** Valeur nutritive des fourrages : taebles et prévision. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 61-74. é
- Andrieu J , Baumont R. ,(2000).** Digestibilité et ingestibilité du maïs fourrage : facteurs de variations et prévision. Revue fourrage n° 163. Ed AFFF, p 316-327.
- Arab H., (2006).** Evaluation de la valeur nutritive des principaux fourrages des zones aride et semi aride. thés de Mgstr. université el hadj lakhdar de Batna.
- Aufrere J, Michal,Dorea B.,(1983).** In vivo digestibility and prediction of digestibility of some by-products. In : Feeding values of by-products and their use by beef cattle, EEC Seminar, 26-29 September 1983. Melle Gontrode, (Belgique).
- Bañuelos Taváres O., Mendoza Martínez G. D., Rodríguez Ontiveros J. L., Muños Orozco A. 1995.** Forage evaluation of 18 varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) in Montecillo, México. Revista Facultad Agronomía (LUZ) 12: 71-79.
- Batanouny K.H.,(1993).** Ecophysiology of halophytes and their traditional use in the Arab world. Advanced Course on Halophytes Utilization in Agriculture. vol. 3: 1223-1232.
- Baumont R, Aufrere J, Meschy F .,(2009).** La valeur alimentaire des fourrages: rôle des pratiques de culture, de récolte et de conservation. fourrages (2009) 198, 153-173.
- Berri R.,(2008).** Contribution de la détermination de la biomasse consommable d'un halophyte : *Atriplex*
- Bois J.F., 2006.** Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) to temperature: effects on germination, phenology, growth and freezing. *Eur. J. Agron.*, **25**, 299-308.

Références bibliographiques

- Boubaiche y., (2016).** Essai de comportement de trois variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) dans la région de Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider .Biskra, p:11.
- Brack Egg ., 2003.** Péru : diez mil anos de domesticacion . Lima :Editorial Bruno.
- Capelo W., 1980.** Evaluación del potencial forrajero y alimenticio de la quinua dulce «Sajama» y quinua amarga «chaucha» en tres épocas de corte. II Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 4–8 Abril Riobamba, Ecuador.
- Cardozo A , Tapia M. Valor nutritivo. In: Tapia M.E., Gandarillas H., Alandia S., Cardozo A., Mujica A., Ortiz R., et al., editors. La quinua y la kañiwa: cultivos andinos.** Bogot, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), 1979, 149-192.
- Catacora P , Canahua A., (1992).** 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, eds., Bolivia, La Paz.* p. 53-56.
- Chauhan G.S, Eskin N.A.M and Tkachuk R., (1992).** Nutrients and antinutrients in quinoa seed cereal chem ., 69,85-88.
- Chauhan G.S, Eskin N.A.M and Tkachuk R ., (1992).** Nutrients and antinutrients in quinoa seed cereal chem., 69,85-88.
- Clement J. M., 1981.** Dictionnaire des industries alimentaires. Ed. Masson; 1146p.
- Clemente J-M.,(1981).** Larousse Agricole. Ed. Larousse, Paris, pp 534- 538.
- Debabeche M.,(2013).** Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des fourrages des zones aride. université Mohamed Khider Biskra.
- Deinum B. et Dirven J.G.P., (1972).** Influence of age, light intensity and temperature on the production and chemical composition of Congo grass Neth.J.
- Deinum B. et Dirven J.G.P., (1972).** Influence of age, light intensity and temperature on the production and chemical composition of Congo grass Neth.J.
- Demarquilly C., 1982.** Influence des facteurs climatiques sur la composition et la valeur nutritive de l' herbe. In action du climat sur l' animal au pâturage. Ed INRA, p 50-63.
- Didier B.,(2015).** les enjeux d'une conquête.

Références bibliographiques

- Dini I ,Tenore G.C et Dinia., (2004).** Phenolic constituents of Kancolla seeds .Food chem .,84,163-168.
- Djili A.,Ammari I.,2019.** Aptitude de développement de quelque variétés de quinoa(*Chenopodium quinoa Willd.*) sous les conditions arides (cas de Ouargla),Master gestions des agro systèmes, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 95p.
- Espindola G., 1986.** Resquestas fisiologicas, morfologicas y agronomicas du quinoa al déficit hidrico thesis : Colegio de post-graduados, universidad chapingo (Mexico).
- Galwey N.W.(1993) -** The potential of quinoa as a multi –purpose crop for agricultural diversification : a review .Ind.Crops Prod ., 1,101-106.
- Gandarillas H., 1968.** Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinua. In: Universidad Nacional Técnica del Altiplano, ed. *Anales de la Primera convención de Quenopodiáceas quinoa– cañahua*. Puno, Perú: Universidad Nacional Técnica del Altiplano, 41-49.
- Gandarillas H., 1979a.** La quinua (*Chenopodium quinoa*Willd.): Botánica. In: Tapia M.E. et al., eds. *La Quinua y la Kañiwa cultivos andinos*. Bogota: CIID-IICA, 20-44.
- González, Juan A; Guillermo O , Martín ; Marcela A, Bruno; Fernando E, Prado ., 2016.** La “quínoa” (*Chenopodium quinoa*) como alternativa forrajera en la zona de los Valles Calchaquíes (Noroeste Argentino) Lilloa 53 (1): 74–81,
- Hamdy A, Lieth H, Mezher Z.,(1999).** Halophyte performanance under. High. Salinity level siano vervieuw saline irrigation halophyte production and utilization roject. vol. 55 : 20-58.
- Hayward H.E., (1956).** La croissance des plantes en milieu salin. Arid Zone Res. vol. 4 : 39-75.
- Heller R., 1977.** Abrégé de physiologie végétale. Tome I, Nutrition. Ed. Masson, 238p.
- Heller R , Esnault R, Lance C.,(1995).** Physiologie végétale. 2développement 5^{eme} . Ed. Ed Masson, 315p.
- INRA.,(1981).** Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants, CRZU. Theix INRA, 580p.
- ITDAS., (2015).** Protocole d’observation de la culture du quinoa .P14
- Izquierdo Fernández J.I. et al., 2001.***Cultivos andinos, Version 1.0.* [CD-ROM]. Santiago: FAO, <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/pubs.html>.

Références bibliographiques

- Jacobsen S.-E , Quispe H , Mujica A., (2001).** Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. *CIP Report Program 1999-2000*, Lima, Pérou, 403-408.
- Jael C., (2012).** Manejo agronomico del cultivo du quinoa.
- Jarrige R., 1984.** Alimentation des bovins .Ed ITEB, p396.
- Jarrige R., Ruckebusha Y et Demarquilly C., 1995.** Les herbivores ruminants. In nutrition des ruminants domestiques ; ingestion et digestion. Ed INRA, p 7-27.
- Jarrige R., (1988)** . Alimentation des bovins, ovins et caprins ; Ed. INRA, PARIS, 471p.
- Jarrige R., 1981.** L es constituants glucidiques des fourrages : variations, digestibilité et dosage. In C DEMARQUILLY (Ed.) Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Table de prévision de la valeur alimentaire de fourrages, p 13.39.
- Kateb k et Maamoun I., (2018).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de deux variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) *in vitro*.
- Laguna P , Caceres Z et Carimentrand A ., (2006).** Del altiplano sur boliviano hasta el mercado global : coordinacion y estructuras de gobernancia en la cadena de valor de la quinoa organica y del comercio Justo .*Agroalimentaria*22,65 ,-76.
- Lapeyronie A., 1982.** La production fourragère méditerranéenne. Ed. GP Maison Neuve et la rose Paris, 425p.
- Lebonvallet S., 2008.** Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'altiplano bolivien, *HAL*, France, 274p.
- Lebonvallet S., 2008.** Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'Altiplano bolivien. Thèse de doctorat, Agro Paris Tech, France.
- Madrpm (Ministère de l'agriculture du développement rural et des pêches Maritimes), (2005)** .Fiche technique sur les cultures alternatives: Quinoa amarante et épeautre,1-2.
- Mujica A, Jacobobsen S.E , IZ quierdo J ,Marathee J.P(coord)., (2001).** Quinoa (*chenopodium quinoa willd*):ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro .CIP,UNAP,FAO,CD cultivos Andinos ,Version 1.0 FAO (Ed). Santiago, chile.
- Nogueira F J.C.M , Fondevila M , Barrios Urdaneta A, Gonzalez Ronquillo M.,(2000).**In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage.*Animal feed Science and technology*,83,145-157.

Références bibliographiques

- Oelke E.A , Putnam D.H , Teynor T.M , Oplinger E.S., (1992).** Quinoa. *Alternative field crops manual*. University of Wisconsin-Extension.
- ONM, 2020.** Office National de la Météorologie de Ouargla, *rapport sur les données climatiques de la région d'Ouargla*.
- Quispe J.I, Fernandez C , Cortes G., (1976).** Contribución al estudio morfológico del grano de quinua. In : Segunda Convención Internacional de Quenopodiceas, Potos, Bolivia.
- Rekik F., 2004.** Détermination quantitative et qualitative des potentialités fourragères des 80 prairies naturelles de basse et moyenne altitude au niveau de la région de Batna. Thèse magister INA El Harrach 94p.
- Rivière R.,(1978).** Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. 2^{ème} Edition, 527 pp.
- San Martin R , Ndjokok and Hostettmannk., (2007).** Novel molluscicide against pomacea canaliculata based on quinoa (chenopodium quinoa) saponins.Crop Prot.,27,310-319.
- Sauvant D., (1988).** La modélisation de la digestion dans le rumen .Reperd. Nuer. Dev.28,suppl. 1, 33-58
- SI ZIANI Y., 2012.***Essai de trois variétés de luzernes françaises dans différentes zones agro-écologiques : Séminaire national sur le développement de la luzerne dans la wilaya de Biskra* mai Communication.
- Soltner D., (1999).** Les grandes productions végétales. 19emeEd. Collection sciences et technique agricoles pp 391-449..
- Soltner D., 1986.** Alimentation des animaux domestiques. 17^{ème} Ed. Collectionsciences et technique agricoles. 399 p.
- Tapia M.E., 1979.** *La quinua y la kañiwa: cultivos andinos*. Serie Libros y Materiales Educativos 49.Bogota: IICA, CIID.
- 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.
- Tisserand J. L.,1991.** Fourrages et sous produits méditerranéens. Présentation des tables de La valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous produits d'origine méditerranéenne. Option méditerranéenne. Série A n° 16, p 23-25.

Références bibliographiques

- 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).
- Vidal A (INIA).** Gladys Caceres (INIA), Rigoberto Estrada (INIA), Rember Pinedo (FAO) 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinoa en el peru.
- Vignau-Lostau L, Huyge C., (2008).** Stratégie fourragère : pâturage , ensilage, foin. Ed. France agricole, 750 10, Paris, 336p.
- VonRütte S., 1988.** Producción de quinua verde para forrajes fresco y ensilaje para ganado. VI congreso internacional sobre cultivos andinos. Quito, Ecuador. CIID - Canadá, pág. 9-11.
- Whitteman P.C., 1980.** Tropical pasture science ; 2^{eme} Ed Rustica Paris, 177p.
- Whitteman P.C., (1980).** Tropical pasture science ; 2^{eme} Ed Rustica Paris, 177p
- Wilson H.D., 1988b.** Quinoa biosystematics. I: Domesticated population .Econ .Bot., 42, 416-477.
- Wilson J. R ., (1981).** Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In nutritional limits to animal production from pastures. Ed J.B. HACKER Farmhand. Royal, UK. Commonwealth Agricultural Bureau, pp 111-131.
- www.faostat.com

Annexes

Giza1

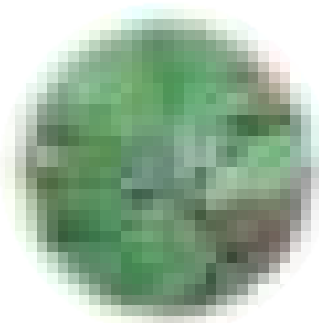
Q102



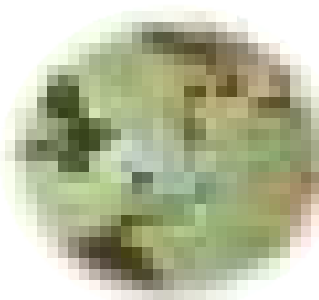
Stade leveés



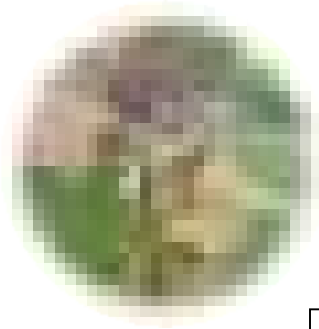
Stade 02 feuilles



Stade04 feuilles



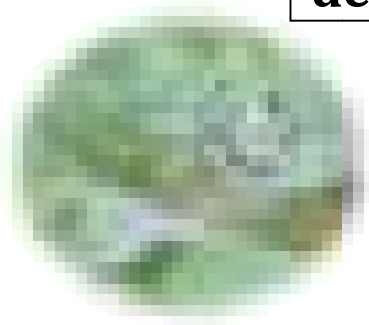
Stade 06feuilles



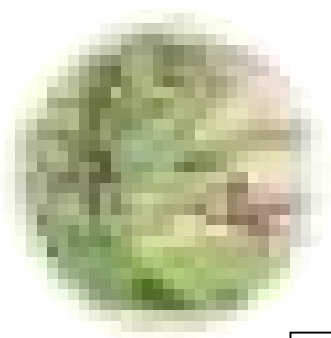
Stade ramification



**Stade de formation
de panicule**



Stade panicule



**Stade debut de
floraison**





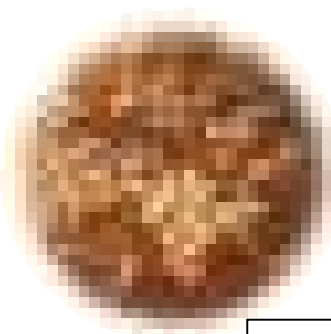
Stade floraison



Stade grain laiteux



Stade grain pâteux



**Maturité
physiologique**



Résumé: Composition chimique de deux variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) cultivées dans la région de Ouargla

Malgré les multitudes intérêts du quinoa pour la consommation humaine, son utilisation dans comme fourrage reste encore très limité.

L'objectif de notre travail consiste à étudier la composition chimique de deux variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) Giza 1 et Q102 afin d'évaluer les potentialités de cette espèce nouvellement introduite en Algérie comme fourrage.

L'analyse de la composition chimique a montré un effet significatif uniquement dans les résidus de récolte, et non significatif dans les autres paramètres à savoir la matière sèche calculé au niveau des feuilles et des tiges, matière minérale et organique au niveau des feuilles et cellulose brute dans les feuilles et les tiges, et cela pour les deux variétés.

Le taux de matière sèche est plus élevé dans les résidus et les tiges: alors que le taux de cendre est plus élevé dans les feuilles de Giza.

Enfin, les tiges sont plus riches en cellulose brute que les feuilles.

Mot clés: Quinoa, variété, matière sèche, cellulose brute, fourrage.

Summary: Chemical composition of two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) cultivated in the Ouargla region

Despite the multitude of interests in quinoa for human consumption, its use as fodder is still very limited.

The objective of our work is to study the chemical composition of two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) Giza 1 and Q102 in order to assess the potential of this species newly introduced in Algeria as fodder

The analysis of the chemical composition showed a significant effect only in the crop residues, and not significant in the other parameters, namely the dry matter calculated at the level of the leaves and stems, mineral and organic matter at the level of the leaves and cellulose. raw in leaves and stems, and that for both varieties. The rate of dry matter is higher in residues and stems: while the rate of ash is higher in Giza leaves. Finally, the stems are richer in crude fiber than the leaves.

Keywords; Quinoa , variety, dry matte, crude fiber , forage.

المخلص المكونات الكيميائية لصنفين من الكينوا زرعت في منطقة ورقلة

على الرغم من الفوائد المتعددة لاستهلاك الإنسان للكينوا . إلا أن استخدامها كعلف لازال محدودا للغاية

الهدف من علمنا هو دراسة التركيبية الكيميائية لنوعين من الكينوا (الجيزا وك 102 (من اجل تقييم امكانية استعمال هذا النوع الذي تم إدخاله حديثا في الجزائر كعلف.

اوجد تحليل التركيب الكيميائي تأثيرا محسوسا في بقايا المحاصيل فقط وليس محسوسا في المعايير الأخرى وهي المادة الجافة المحسوبة على مستوى الأوراق والسيقان والمواد المعدنية والعضوية على مستوى الأوراق والألياف الخام في الأوراق والسيقان لكلا الصنفين نسبة المادة الجافة أعلى في المخلفات والسيقان . بينما يكون معدل الرماد أعلى في أوراق الجيزا

أخيرا السيقان أغنى بالألياف الخام من الأوراق

الكلمات المفتاحية: كينوا صنف المادة الجافة الألياف الخام علف.