



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire N série:.....

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de biologie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

THEME

**La culture du quinoa dans la région d'Oued souf vis-
à-vis
le problème de la salinité d'étude
morphophysiologique**

Présentés par :

M^{elle} HEMMAMI Ikram.

M^{elle} BEN ALI Hayat.

Soutenue le:/06/2018.

Devant le jury composé de :

Président : Mme. HAMADA S	M.A.A	Université d'El Oued.
Promoteur : Dr. BEN KADDOUR M	M.A.B	Université d'El Oued.
Co promoteur: Mr. BELAHBIB A	M.A.A	Université d'El Oued.
Examineur : Mme. ALLIAT M S	M.A.A	Université d'El Oued.

- Année universitaire 2017/2018-

Résumé :

Le présent travail a consisté d'évaluer le comportement physiologique morphologique, biochimique et enzymatique des trois variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) qui sont (*Blanca de Junín, V5santa maria, V15*) soumises à des concentrations croissantes en NaCl pendant la phase de croissance jusqu'à la maturité des plantes au plein champ.

Les résultats de paramètres biochimiques montrent que le stress salin provoque un déséquilibre et particulièrement une diminution chez la pluparts des variétés, cette affectation est plus forte avec la dose 9g/l de NaCl. La diminution de ces activités traduit la sensibilité des plantes face au stress salin. Cette étude est en accord avec plusieurs études sur la sensibilité du quinoa à la salinité.

Mots clés : quinoa, comportement physiologique morphologique, comportement biochimique enzymatique,

Summary:

The present work consisted in evaluating the morphological, biochemical and enzymatic physiological behavior of the three varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) which are (*Blanca de Junin, V5santa maria, V15*) subjected to increasing concentrations in NaCl during the growth phase. until the maturity of the plants in full field.

The results of biochemical parameters show that the salt stress causes an imbalance and particularly a decrease in the majority of the varieties, this affectation is stronger with the dose 9g / l of NaCl. The decrease in these activities reflects the sensitivity of plants to salt stress. This study is consistent with several studies on the sensitivity of quinoa to salinity.

Key word: Quinoa, evaluating the morphological, biochemical enzymatiphysiological,

المخلص:

وقد تم هذا العمل لتقييم المورفولوجية الفسيولوجية والكيمياء الحيوية والأنزيمية ثلاثة أصناف الكينوا (*Chenopodium quinoa Willd*) التي هي (*Blanca de Junin, V5santa maria, V15*) في إطار زيادة تركيزات كلوريد الصوديوم أثناء مرحلة النمو حتى نضج النباتات في المجال الكامل. وتشير نتائج القياسات البيوكيميائية أن الإجهاد الملحي يسبب خلاا وخاصة انخفاض في الأصناف ، مع جرعة 9 جم / لتر كلوريد الصوديوم. الانخفاض في هذه الأنشطة يعكس حساسية النباتات لضغط الملح. تتفق هذه الدراسة مع العديد من الدراسات حول حساسية الكينوا للملوحة.

الكلمات المفتاحية :

الكينوا ، تقييم السلوك الفسيولوجي المورفولوجي ، تقييم البيوكيميائي ، تقييم الإنزيمي.

Remerciement

Avant toute chose ,nous remercions ((Allah)),l'omnipotent ,pour nos avoir donné la force ,la patience et le courage pour mener ce travail à son terme.

*A' nos présidents de mémoire ,**Mme Hamada Samra** ,qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette mémoire.*

*A' notre encadreur de mémoire ,**Mme Ben Kaddour Mounya** ,pour avoir accepté de nos encadrer pour son dynamisme, son aide et ses précieux conseils ,nos ont permis d'avancer plus loin dans mes recherches.*

*A' notre co-encadreur de mémoire , **Me Belahbib abdelhamid** ,son aide et ses précieux conseils ,nos ont permis d'avances plus loin dans mes recherches.*

*A' notre jury de mémoire Mme **Alliat Moufida Sawsan** ,qui nous ont a fait l'honneur de juger ce travail que ce travail soit témoignage de notre reconnaissance et de notre profond respect.*

*Remercier a **Dr Hemmmami hadia**, son aide et ses précieux conseils ,nos ont permis d'avances plus loin dans mes recherches.*

Remercier aussi tous les professeurs de département de la science de la nature et de la vie .

*Remercier le responsable des la boratoires département de la science de la nature de la vie **Me Sana Goubi**,et tout l'ensemble des techniciens du laboratoire surtout **Mam Latifa**.*

*Remercier **L'ITDAS de Djamaa** pour leur fournir nos les semences.Aussi compagnie algérienne des eaux pour analyse l'échantillon de l'eau d'irrigation.*

Nous remercions notre famille pour leur aides durent mes études et leur soutients.

A la fin nous remercions toute personne qui nous a aidés de près ou de loin.

Sommaire

Introduction générale.....	02
Partie Bibliographique	
<i>Chapitre I : Généralité sur le quinoa</i>	
1. Définition	07
2. Origine sur le Quinoa	07
3 . Classification botanique.....	09
4. Importance de la culture du Quinoa	09
4. 1. Dans le monde.....	09
4. 2. En Algérie.....	10
5 .Description de plante.....	11
6. Phénologie de Quinoa.....	13
7. Les exigences environnementales du quinoa.....	15
8 . Insectes et maladies affectant le quinoa.....	15
9 .Contraints du quinoa.	15
<i>Chapitre II : Salinité et problème de salinisation</i>	
1. Généralités sur la salinité.....	20
1.1. Définition de sols salés (sols halomorphes)	20
1 - 2- Définition de la salinité.....	20
1. 3 - Type de salinité	21
1.4 - Notion de la salinisation	21
2 . le stress	22
2 . 1 .Définitions du stress	22
2.2 Catégories de stress.....	23
2.3 Différents types de stress.....	23
2.3.1 Stress hydrique.....	23
2.3.2 Stress thermique.....	23
2.3.3 Stress salin.....	23
2.4. La plante et le stress.....	24
2.5. Principe général d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel.....	25
3 . Adaptation des plantes.....	25
3.1 Stratégies d'adaptation.....	25
3.1.1 Adaptation à la sécheresse.....	25

	3.1.2 Adaptation à la salinité.....	26
	3. 2- Catégories d'adaptations	26
	3. 2.1- Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes	26
	3. 2.2- Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes.....	26
	3.2. 3.Mécanismes d'adaptation.....	27
	3.3. Conséquences de la salinité sur la plant.....	30
	3. 3.1. Effet de la salinité sur la germination.....	30
	3. 2. L'effet de la salinité sur la croissance.....	31
	3. 3. Effet de la salinité sur la biochimie de la plante	31
	3. 4. L'effet de la salinité sur les enzymes antioxydants.....	32
	3. 5. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante.....	32
Partie Expérimentale		
<i>Chapitre III : Méthodes et matériel</i>		
	1. Choix de site d'étude.....	37
	1.1.Caractéristiques climatiques de la région	37
	2. Objectif du travail.....	38
	3. Matériel et méthodes.....	38
	3.1. Matériel végétal	38
	3.2. Méthodes	38
	3.2.1. Préparation des échantillons.....	38
	3.2.1.1. Dispositif expérimental	38
	3.2.1. 2. Analyse du sol	40
	3.2.2. Opération culturale	40
	3.2.2. 1. Précédent cultural	40
	3.2.2. 2. Préparation du sol	40
	3.2. 2.3. Teste de germination	41
	3.2. 2.4. Semis	41
	3.2. 2.5. Irrigation	41
	3.2. 2.6. La récolte	41
	3.2. 2.7. Les parties aériennes.....	42
	3.2. 2.8. Séchage des échantillons:	42
	3.2. 2.9. Criblage des graines.....	42
	3.2. 2.10. Préservation	42
	3.2.3. Paramètres étudiés.....	42
	3.2.3.1. Paramètre morphologique.....	42

3.2.3.1.1:La longueur des plantes	42
3.2. 3.1.2. Ramification:.....	44
3.2.3.2. paramètres physiologiques.....	44
3.2.3.2.1 : l'estimation pourcentage d'humidité des plantes.....	44
3.2. 3.2.2. poids des 1000 graines (PMG).....	44
3.2.3.3: les paramètres biochimiques des feuilles.....	44
3.2.3.3.1. Dosage de chlorophylle et caroténoïdes	44
3.2.3.3.2: Dosage des sucres totaux.....	45
3.2.3.3.3: dosage des protéines.....	45
3.2.3.3.4: Dosage de l'activité de la catalase(CAT).....	46
3.2.3.3.5: dosage activité d'enzyme de glutathion (GSH).....	46
3.2.3.3.6: dosage activité d'enzyme de glutathion S – transférase (GST).....	47
3.2.3.4. Paramètres biochimiques des grains.....	48
3.2.3.4.1. Dosage de sucres totaux.....	48
3.2.3.4.2. Dosage de protéine.....	48
3.2.4. Analyse statistique.....	48
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1. Résultats études morphologiques du quinoa	50
1.1 La longueur des plantes.....	50
1.2 ramification des plantes.....	50
1.3. Le poids frais de parties aériennes.....	52
1.4.Le poids sèche de parties aériennes.....	53
1.5. Résultats de poids de 1000 grains (PMG).....	54
2. Résultats des paramètres biochimiques du quinoa.....	55
2.1 Les études biochimiques des feuilles.....	56
2.1.1.Contenu des pigments photorécepteurs.....	55
2.1.2. Dosage de sucres solubles.....	58
2.1.3. Dosage de protéine.....	59
3.Résultats dosage des enzymes.....	60
3.1 . dosage activité d'enzyme Catalase(CAT).....	60
3.2. dosage de l'activité du glutathion(GSH).....	61
3.3. Dosage activité d'enzyme glutathion S – transférase (GST).....	62
4. Résultats des paramètres biochimiques des grains.....	64
CONCLUSION GENERALE.....	58
Référence	

Liste de figure

Chapitre -I-		
Figure 01 :	Un plant de quinoa en graines.	07
Figure02 :	Distribution géographique de la culture traditionnelle de la quinoa en Amérique du Sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture)	08
Figure 03:	Répartition géographique de la production mondiale de quinoa.....	10
Figure 04:	Essai de culture de Quinoa à El- oued au stade de Djamaa.....	11
Figure 05:	Différentes étapes de la croissance de la plante.	12
Figure 06:	les épis, la grappe et la panicule de plante.	14
Figure 07:	quelque maladie affectant le quinoa.	15
Figure 08:	Origines de la salinisation	22
Figure 09:	adaptation et résistance des plantes face au stress salin	25
Figure 10:	Expérience du site.	37
Figure 11:	essai de culture de Quinoa à el 'oued.	38
Figure 12:	dispositif expérimenta de la culture du Quinoa.	39
Figure 13:	Culture de Quinoa.(origine 2018).	39
Figure 14 :	Schéma d'une parcelle élémentaire.	40
Figure 15:	le poids frais de partie aérienne.....	42
Figure 16:	le poids sèche de partie aérienne.	42
Figure 17:	criblage graines de quinoa.	43

Figure 18:	la préservation des graines dans des sacs en papier	43
Figure 19:	Effet du(NaCl)sur la longueur des plantes en cm.....	50
Figure 20:	Effet du(NaCl)sur les ramification.	51
Figure 21:	Effet du(NaCl)sur le poids frais des parties aériennes en g.....	52
Figure 22:	Effet du(NaCl)sur Le poids sèche de parties aériennes en g.	53
Figure 23:	Effet du(NaCl) sur Le poids 1000grains (PMG) en g	54
Figure24:	contenu des feuilles de chlorophylle a en µg/g de MF.....	55
Figure25:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de chlorophylle b en µg/g de MF.	56
Figure26:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de chlorophylle a+ b en µg/g de MF).	57
Figure27:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de carotenoide en µg/g.....	58
Figure28:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de sucre en µg/g de MF.....	59
Figure29:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de proteine en µg/g de MF.	60
Figure30:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles La catalase (CAT) µKat/at.	61
Figure31:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles Le glutathion en µmol/mg de protéine.....	62
Figure32:	l'effet du NaCl sur contenu des feuilles Le d'enzyme glutathion S – transférase (GST) enµmol/mg des protéines.	63
Figure33:	l'effet du NaCl sur contenu des grains le sucre enµg/g de Ms.....	64
Figure34:	l'effet du NaCl sur contenu des grains le proteine en µg/g de Ms.....	65

Liste de tableau

Tableau	Titre de Tableau	N°
Tableau.1	La classification botanique du quinoa. (Rojas et al., 2010).	09
Tableau.2	valeur nutritionnelle moyenne de quinia pour 100 g (souci Fachmann et Kraut, 2008)	17
Tableau.3	Données climatiques pour la région de l'oued pour la période entre2017.....	37
Tableau.4	teste de germination.....	41
Tableau.5	la date de récolte.	41

Sommaire

Introduction générale	02
Référence	04
Partie Bibliographique	
<i>Chapitre I : Généralité sur le quinoa</i>	
1. Définition	07
2. Origine sur le Quinoa	07
3 . Classification botanique.....	09
4. Importance de la culture du Quinoa	09
4. 1. Dans le monde.....	09
4. 2. En Algérie.....	10
5 .Description de plante.....	11
6. Phénologie de Quinoa.....	13
7. Les exigences environnementales du quinoa.....	15
8 . Insectes et maladies affectant le quinoa.....	15
9 .Contraints du quinoa.	15
<i>Chapitre II : Salinité et problème de salinisation</i>	
1. Généralités sur la salinité.....	23
1.1. Définition de sols salés (sols halomorphes)	23
1 - 2- Définition de la salinité	24
1. 3 - Type de salinité	24
1.4 - Notion de la salinisation	26
2 . le stress	28
2 . 1 .Définitions du stress	29
2.2 Catégories de stress.....	29
2.3 Différents types de stress	29
2.3.1 Stress hydrique	31
2.3.2 Stress thermique	31
2.3.3 Stress salin	31
2.4. La plante et le stress	32
2.5. Principe général d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel	32
3 . Adaptation des plantes	33
3.1 Stratégies d'adaptation	34

	3.1.1 Adaptation à la sécheresse	36
	3.1.2 Adaptation à la salinité	37
	3. 2- Catégories d'adaptations	38
	3. 2.1- Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes	40
	3. 2.2- Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes	'&
	3.3 Conséquences de la salinité sur la plante	
	3. 3.1. Effet de la salinité sur la germination	
	3. 3.Mécanismes d'adaptation	'é
	3. 2. L'effet de la salinité sur la croissance	
	3. 2. 1 . Effet de salinité sur la croissance et le développement	
	3. 2. 2. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante	
	3. 3. Effet de la salinité sur la biochimie de la plante	
	3. 4. L'effet de la salinité sur les enzymes antioxydants	
	3. 5. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	
Partie Expérimentale		
Chapitre III : Méthodes et matériel		
	Chapitre III : Matériels et Méthodes.....	41
	1. Choix de site d'étude	42
	1.1.Caractéristiques climatiques de la région	43
	2. Objectif du travail	45
	3. Matériel et méthodes	45
	3.1. Matériel végétal	45
	3.2. Méthodes	45
	3.2.1. Préparation des échantillons	45
	3.2.1.1. Dispositif expérimental	48
	3.2.1. 2. Analyse du sol	48
	3.2.2. Opération culturale	49
	3.2.2. 1. Précédent cultural	50
	3.2.2. 2. Préparation du sol	51
	3.2. 2.3. Teste de germination	51
	3.2. 2.4. Semis	51
	3.2. 2.5. Irrigation	53
	3.2. 2.6. La récolte	53
	3.2. 2.7. Les parties aériennes	53
	3.2. 2.8. Séchage des échantillons:	57

3.2. 2.9. Criblage des graines	57
3.2. 2.10. Préservation	60
3.2.3. Paramètres étudiés	61
3.2.3.1. Paramètre morphologique	61
3.2.3.1.1:La longueur des plantes	62
3.2. 3.1.2. Ramification:.....	62
3.2.3.2. paramètres physiologiques	63
3.2.3.2.1 : l'estimation pourcentage d'humidité des plantes	
3.2. 3.2.2. poids des 1000 graines (PMG)	
3.2.3.3: les paramètres biochimiques des feuilles	
3.2.3.4. Paramètres biochimiques des grains	
Chapitre IV : Résultats et discussion	
Chapitre IV : Résultats et discussion	71
1. Résultats études morphologiques du quinoa	71
1.1 La longueur des plantes.....	71
1.2 ramification des plantes.....	72
1.3. Le poids frais de parties aériennes	73
1.4.Le poids sèche de parties aériennes	75
1.5. Résultats de poids de 1000 grains (PMG)	76
2. Résultats des paramètres biochimiques du quinoa	77
2.1 Les études biochimiques des feuilles	78
2.1.1.Contenu des pigments photorécepteurs.....	78
3.Résultats dosage des enzymes	80
3.1 . dosage activité d'enzyme Catalase(CAT).....	84
3.2. dosage de l'activité du glutathion(GSH)	84
3.3. Dosage activité d'enzyme glutathion S – transférase (GST)	85
4. Résultats des paramètres biochimiques des grains	86
Référence	101
CONCLUSION GENERALE.....	102
ANNEXE	105

Introduction générale

Introduction

La salinité menace la plupart des terres, y compris l'Algérie. La salinité du sol est le deuxième facteur après la sécheresse responsable de la réduction de la croissance des cultures dans les zones semi-arides, Ce phénomène affectera 19%.

Des terres agricoles sont en croissance continue, la Salinité est due à la présence de sels hautement solubles dans le sol, Et le taux d'évaporation élevé (**Djilali and Daoud, 2000**). Bien que la salinisation du sol soit essentiellement un phénomène naturel, la main de l'homme y reste exploitation des terres (en particulier les pratiques affectant la gestion des sols et des eaux) et recours au développement des terres, Ce qui contribue grandement à l'aggravation de la salinité du sol. (**Djilali and Daoud, 2000**).

En Afrique ,prés de 40 millions d'ha y sont affectés , soit près de 2% de la surface totale, Au Proche – orient près de 92million d'ha soit environ 5% de la surface totale (**FAO , 2008**).

Le stress salin a un grand impact sur le rendement, affectant l'accumulation de matière sèche et l'absorption, la chlorophylle ,l'élongation des feuilles et la croissance des plantes. Les effets du stress salin varient selon l'âge de la plante, la qualité des organes, la nature des ions associés au sodium. (**Meneguzzo et al., 2000**).

Selon (**DURAND.1958**) en Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité, affectés par la salinité ou susceptibles de l'être. Les sols salins sont très répandus dans les basses plaines de l'Oranie dans la vallée de Mina près de Relizane, dans les bas Chélif, sur les hautes plaines au sud de Sétif et de Constantine ,aux bords de certains chotts , ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud Biskra jusqu'à Touggourt ,Ouargla.

Le quinoa est un grain ayant une valeur nutritionnelle exceptionnelle; Ça a été cultivé pour les 5000-7000 dernières années dans la région andine de la Bolivie et Pérou. L'année 2013 a été déclarée par les Nations Unies Année du quinoa comme reconnaissance de son potentiel significatif.

Cette plante a des concentrations élevées de protéines, tous les acides aminés essentiels, les acides gras insaturés et un faible indice glycémique (GI); il contient également vitamines, minéraux et autres composés bénéfiques, et est sans gluten par nature. Le quinoa est facile à cuisiner et polyvalent en préparation. (**Gordillo-Bastidas et al, 2016**).

Dans cette perspective, notre travail consiste à étudier l'effet du profile salin par les caractéristiques physiologiques, biochimiques, antioxydants.

Notre travail est divisé en quatre parties distinguées :

- **La première partie:** en consacrée à une système bibliographique concernant le thème du travail, généralité sur l'espèce étudiée (Quinoa).
- **La deuxième partie :** généralité sur la salinité.
- **La troisième partie :** est réservée à une étude expérimental comporte la présentation de la région de el' Oued et les différentes et méthodes de travail utilisées pour analyse les échantillons.
- **La quatrième partie :** présente les résultats de différentes paramètres de l'espèce étudiées (variété : *Blanca de Junín, santa maria, V15*),et l'interprétation de ces résultats.

La conclusion représente les paramètres essentiels de la culture du Quinoa .

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralité sur le quinoa

I . Généralité sur le quinoa

1. Définition:

Le quinoa (*Chenopodium quinoa*) est une plante herbacée annuelle de la famille des Chenopodiacees. C'est une pseudo-céréale ,le quinoa est étroitement lié à des espèces telles que la betterave, l'épinard et l'amarante.

Cette plante traditionnelle est cultivée depuis plus de 5 000 ans sur les hauts plateaux d'Amérique du Sud. Comme le haricot, la pomme de terre, le maïs, le quinoa était à la base de l'alimentation des civilisations précolombiennes, mais, contrairement à ces dernières, il n'a pas retenu l'attention des conquérants espagnols à cause de la teneur en saponine de l'enveloppe de ses graines non écorcées, et du fait que la farine qui en est tirée n'est pas panifiable en raison de l'absence de gluten.

Dans les années 1970, les pays industrialisés en quête d'une alimentation plus saine découvrent les qualités nutritionnelles du quinoa qui est désormais distribué dans la plupart des grandes surfaces, notamment dans les magasins de produits issus de l'agriculture biologique et du commerce équitable. (Mujica, 1992).



Figure 01 : Un plant de quinoa en graines.

2. Origine sur le Quinoa :

Le quinoa est une espèce native d'Amérique du Sud, originaire de la région andine et plus particulièrement des hauts plateaux (Altiplano) bolivien et péruvien; où il a été domestiqué entre 3 000 et 5 000 ans BP (before present).

Le quinoa cultivé le plus ancien a été trouvé sur les bords du lac Titicaca et daté à 3 500-2 800 ans BP il est mentionné pour des périodes plus anciennes, proches de 5 000 ans BP, mais seulement pour des cueillette. Alors que la pomme de terre et le maïs, autres cultures majeures d'Amérique du Sud, ont atteint une distribution cosmopolite, le quinoa ne s'est pas vraiment répandu en dehors des montagnes andines et de la côte chilienne. Pendant la

période Inca, il a toutefois occupé après le maïs une place prédominante parmi les plantes à graines , lors de son voyage dans les Andes entre 1535 et 1545, cite ainsi de grandes extensions de quinoa dans la région de Quito et sur les hauts plateaux du Sud du Pérou et du Nord de la Bolivie Après la conquête espagnole au XVIème siècle, la culture et l'utilisation du quinoa ont connu un important déclin à cause de l'introduction de cultures européennes (blé, orge) ; de plus, les colons espagnols semblent en avoir activement découragé la culture en raison de son statut religieux dans la société Inca, qui considérait le quinoa comme une graine sacrée. Il est devenu une culture mineure, dont seules les populations indigènes ont poursuivi la production pour leur consommation locale dans les régions montagneuses, où il est tout de même demeuré la plante à graine la plus cultivée de par sa tolérance aux conditions climatiques difficiles; **(National Research Council, 1989)**



Figure 02 : Distribution géographique de la culture traditionnelle de la quinoa en Amérique du Sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture)
(National Research Council, 1989)

3 . Classification botanique

La classification botanique du quinoa est comme suit:

Tableau 01 : La classification botanique du quinoa. (Rojas et al., 2010).

Règne	Plante
Sous-embr	<i>Tracheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Caryophyllidae</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Chenopodiaceae</i>
Genre	<i>Chenopodium</i>
Espèce	<i>Chenopodium quinoa willd</i>

4. Importance de la culture du Quinoa :

4. 1. Dans le monde:

Le quinoa peut être considéré comme une espèce oligocentrique avec un large centre d'origine et de multiples diversifications. Les rives du lac Titicaca étant considérées comme la zone de plus grande diversité et variation (Mujica, 1989).

Selon Lescano (1994), le quinoa est distribué dans toute la région andine, Colombie (Pasto) au nord de l'Argentine (Jujuy et Salta) et au Chili (Antofagasta), où un groupe de quinoas ont été trouvés au niveau de la mer dans la région de Bío Bío. Barriga et al. (1994) aussi se référer au quinoa collecté dans les neuvième et dixième régions du Chili.

Selon Rojas (1998), la répartition géographique du quinoa dans la région s'étend à partir de la latitude 5 degrés nord dans le sud de la Colombie jusqu'à la latitude 43 ° sud dans la région X du Chili, et sa distribution altitudinale va du niveau de la mer au Chili à 4000 m dans l'Altiplano du Pérou et la Bolivie. Ainsi, les quinoas existants de la côte, les vallées, les vallées inter andéennes, Puna et Altiplano. Ce qui suit est un résumé de la répartition du quinoa, selon les pays de la Région et leurs zones de production traditionnelles (Rojas et al., 2010).

- En Colombie, dans le département de Nariño, dans les villes d'Ipiales, Puerres, Contadero, Cordova, San Juan, Mocondino et Pasto.

- En Equateur, dans les régions de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Latacunga, Ambato et Cuenca.
- Au Pérou, les régions de Cajamarca, Callejón de Huayllas, Valle del Mantaro, Andahuayllas, Cuzco et Puno (Altiplano) sont mis en évidence.
- En Bolivie, dans l'Altiplano de La Paz, Oruro et Potosi et les vallées de Cochabamba, Chuquisaca, Potosi et Tarija.
- Au Chili, l'Altiplano chilien (Isluga et Iquique) et Concepción. Il y a aussi des rapports sur le quinoa cultivé dans les IXe et Xe régions **(Barriga et al , 1994)**.
- En Argentine, il est cultivé en vase clos à Jujuy et à Salta. Sa culture était aussi étendu aux vallées Calchaquíes de Tucumán **(Gallardo et Gonzalez, 1992)**.

La répartition géographique de la production mondiale de quinoa est illustrée à la figure 1, où on peut la voir les pays les plus productifs sont la Bolivie, le Pérou et l'Equateur.

Cependant, à la suite de plus de vingt ans de travail dans des pays potentiels d'Europe, d'Asie, d'Afrique, d'Australie, du Nord Amérique et la région andine, la production de quinoa est en pleine expansion dans différentes zones géographiques de la planète en raison de son adaptabilité extraordinaire.

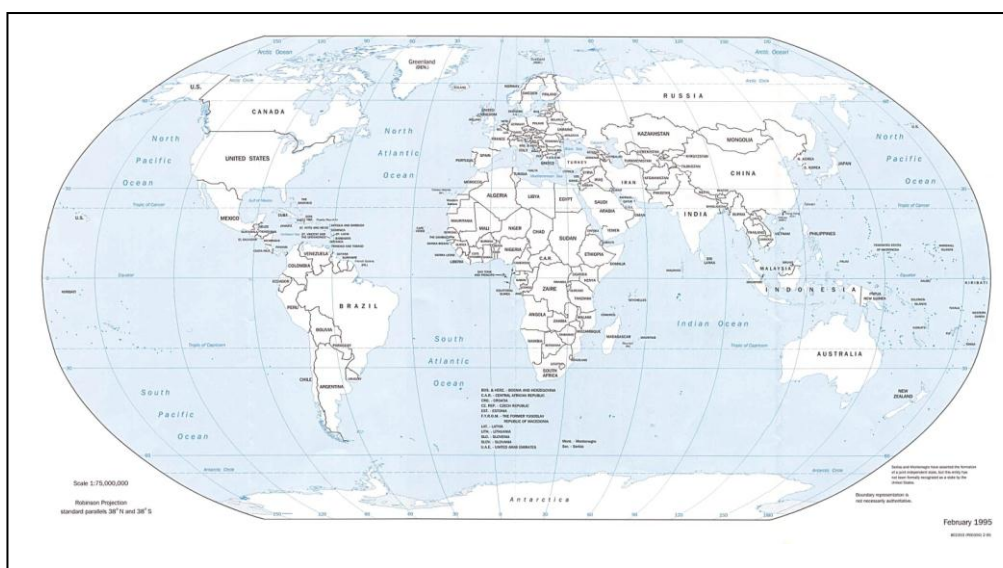


Figure 03: Répartition géographique de la production mondiale de quinoa.(FAO.2014)

4. 2. En Algérie :

D'après (YAHIA , 2014) L'introduction de la culture du quinoa en Algérie ouvre de grandes perspectives de développement , en raison de l'adaptation de cette plante associée aux céréales à différents climats , ont raison de l'adaptation de cette plante associée aux céréales à différents climats, ont affirmé à Alger des experts lors d'un atelier sur le lancement du projet

régionale de deux jours permettra le lancement du projet régional regroupent des pays d'Afrique et du Moyen – Orient de l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture.

Selon des scientifiques, l'intérêt de cette plant réside dans sa capacité de résistance face à des condition climatiques extrêmes (sécheresse , pauvreté des sols , salinité) soulignant sont efficacité dans la lutte contre la désertification d'autre plus que la quinoa se développe dans milieu aride ou il pourrait même donner des rendements acceptables .

Selon **(FAO, 2006)** l'introduite en 2014 en Algérie , elle est cultivée à tire expérimental dans huit site de quatre institution ayant différentes caractéristique agro-écologiques , en pour les deux sites de L'ITDAS , (Biskra et El- oued), la récolte à été effectuée de fin décembre pour se poursuivre en janvier . Au niveau des deux sites , le meilleur rendement obtenu en grain est de l'ordre de 26 qx / he , toutes variétés confondues .

Au niveau INRAA, les essais ont été menés sur deux sites , Adrar ou le meilleur rendement (mars 2015) avec une irrigation d'appoint en période de sécheresse . Le rendement a atteint 19.4 qx /he .



Figure 04: Essai de culture de Quinoa à El- oued au stade de Djamaa.

5 .Description de plante:

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

- **Les graines :**

principale partie comestible de la plante, peuvent être de trois formes différentes : conique, cylindrique ou ellipsoïde **(WINKEL , 2009)**

- **La tige :**

cylindrique au niveau du collet et anguleuse plus haut , contient une moelle de texture tendre chez les jeunes plantes , devenant d' une même plante à maturité , avec une écorce ferme compacte , Les feuilles d'une même plante sont nettement polymorphes , celles de la tige principale étant plus longues que celles des ramification .

- **Les feuilles :**

Alternes , ont un limbe en forme de losange , de triangle ou lancéolé, plat ou onduleux , charnu et tendre (celles de jeunes plantes se consomment comme légume). Le nombre de dents ou de lobes des feuilles serait une caractéristique variétale, Le quinoa présente des fleurs hermaphrodites disposées en inflorescences en grappes , considérées comme de faux épis (panicules).

- **Le fruit :**

Est un akène , de forme cylindrique à lenticulaire , dans lequel l'embryon périphérique entoure le péricarpe central (tissus de réserve) et se trouve couvert par le péricarpe et deux assises tégumentaires (DELCASTILLO et al , 2008).

	
1 mois après semis	début de floraison ,début de couverture
	
après 40 jour	graines pâteuses - Fin couverture
	
panicule visible.	panicule visible.

Figure 05: Différentes étapes de la croissance de la plante.

6. Phénologie de Quinoa :

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

- **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 .

- **Deux feuilles vraies:**

Les deux premières feuilles vraies apparaissent 15 à 20 jours après le semis conjointement à une croissance rapide des racines . Elle sont de forme rhomboïdale au contraire des feuilles cotylédonaire lancéolées .Elle sont très sensibles aux attaques d'insectes.

- **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).

- **Ramification:**

A partir du stade huit feuilles , soit 45 à 50 jour 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 .

- **Début de formation de la panicules :**

L'inflorescence commence à apparaître à l'apex de la plante au bout de 55 à 66 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.

- **Panicules:**

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 . (**DELCASTILLO et al , 2008**).

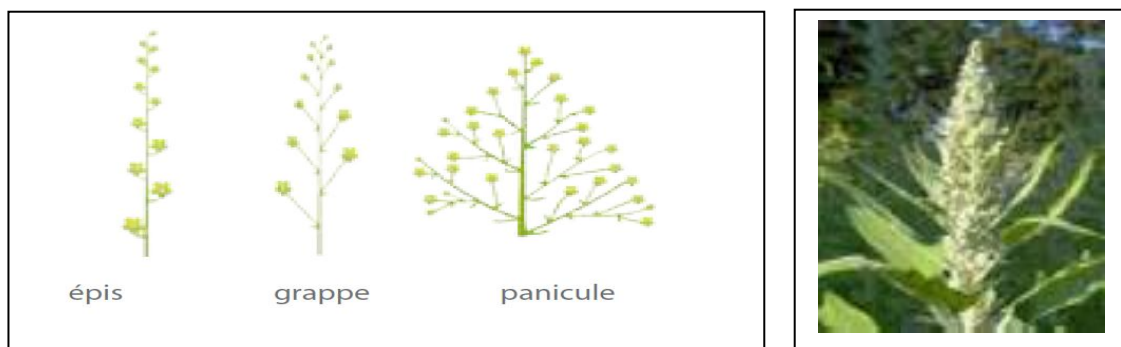


Figure 06: les épis, la grappe et la panicule de plante.

- **Début de floraison :**

Les premières fleurs s'ouvrent 75 à 80 jours après. 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 90 ème ou 10 ème 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.

- **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 entrainer 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 pression, est à maturité au bout de 160 à 180 jours , avec une teneur en eau inférieure à 150 . 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 .

7. Les exigences environnementales du quinoa:

La culture de quinoa est considérée annuelle, Préférez les jours courts et les basses températures . Il comprend des groupes de variétés qui s'adaptent à divers systèmes agro-écologiques et à diverses conditions climatiques, Ils poussent également à des températures comprises entre - 4 ° C et 35 ° C, Et sur diverses élévations Le quinoa se caractérise par sa capacité à tolérer des conditions difficiles: il sèche, résiste à la salinité, s'adapte aux sols sableux, Le quinoa est sensible à la chaleur en deux étapes importantes:

- **Stade post-germination** :Les plants de quinoa meurent si le taux diminue la température sous zéro après son émergence et avant d'atteindre le stade de six papiers
- **Stade de floraison**: Les plantes entrent dans la phase dormante et stérile du vaccin la température a dépassé 35 ° C Les plantes de quinoa ont besoin d'une période sèche lorsqu'elles atteignent le stade des fleurs et des graines.

8 . Insectes et maladies affectant le quinoa:

Larves de mites exposée (Noctuelle Moth "" Night "), Du quinoa à ses débuts(De deux feuilles à six feuilles), Il a parlé de trous, En outre:(Phid , Leafhopper, Eurygaster) . Les maladies les plus courantes sont le quinoa :Blancheur Fluffy (Peronospora farinosa), Taches de papier (Ascochyta hyalospora). (FAOSTAT, 2007).



Figure 07: quelque maladie affectant le quinoa.

9 .Contraints du quinoa:

Le quinoa est très sensible aux conditions défavorables pendant la germination, en raison en partie de la petite taille de ses graines, ce qui conduit à une différence importante entre les taux de germination observés en laboratoire et ceux obtenus au champ (Jacobsen et al., 1994 ; Sigstad et Prado, 1999).

Des problèmes de germination ont ainsi été observés autant en conditions andines qu'en conditions européennes.

Le problème vient également fréquemment de la qualité des graines, beaucoup présentant une capacité germinative très faible ; Ca nahua (1994) estime par exemple qu'il serait possible de doubler les rendements avec des graines de meilleure qualité. L'établissement d'une culture de quinoa à une densité définie est donc difficile à réaliser, sachant que la densité de levée n'excède parfois pas 40% (**Kaul et al., 2002**).

Les études pour améliorer la germination et l'émergence du quinoa en champ sont pourtant encore très peu nombreuses. En conditions andines, la contrainte essentielle à la germination est la sécheresse (**Bonifacio, 1988**).

Au contraire d'autres Chénopodiacées telle que la graine d'Amaranthe (**Aufhammer, 1998**), la lumière n'a pas d'influence sur le taux de germination du quinoa (**Jacobsen et al., 1997**). En revanche, l'époque de récolte de la semence, la teneur en eau du grain à la récolte et surtout la température ont un effet sur le nombre de graines qui germent. Ainsi, à 20°C le taux de germination moyen est de 99%.

10 .Le valeur alimentaire et sous-produits:

Les feuilles de quinoa sont mangées comme des épinards et les graines très abondantes et petites, comme chez le riz, sont consommées de différentes manières. La quinoa a un potentiel nutritif important.

Elle se caractérise par une teneur élevée en protéines : 14 à 21 %, contre 7 à 12 % chez la plupart des céréales (blé, riz, maïs, orge, etc.).

Cependant, son principal intérêt nutritif réside dans sa composition équilibrée et complète en aminoacides essentiels (la lysine fait généralement défaut dans les céréales), comparable à celle du lait et supérieure à celle du blé et d'autres céréales.

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 la quinoa est une excellente source de vitamines, d'antioxydants et d'acides gras (**Dini et al , 2004 ; Ng et al., 2007**). Il n'est donc pas surprenant que la FAO ait choisi la quinoa comme une des cultures destinées à garantir la sécurité alimentaire, particulièrement pour les habitants des Andes qui l'ont historiquement cultivée, et qu'aux USA, en Europe occidentale et au Japon, la quinoa soit 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. Après avoir fait l'objet d'une sélection négative par les améliorateurs (**Jacobsen, 1997**), les saponines sont devenues un sous-produit recherché par l'industrie cosmétique et des perspectives existent aussi pour les utiliser comme pesticides naturels. (**souci Fachmann et Kraut, 2008**)

Tableau 02: valeur nutritionnelle moyenne de quinia pour 100 g (souci Fachmann et Kraut, 2008)

Apport énergétique	
Joules	1415 KJ
Calories	334 Kcalas
Principaux composants	
Protides	14,8g
Lipides	5,04 g
Saturés	504,7 mg
Oméga – 3	200
Oméga-6	2430
Oméga – 9	1300mg
Eau	12,7 g
Glucides	58,5 g
Fibres alimentaires	6,64 g
Cendres Totales	3,33 g
Minéraux et Oligo – éléments	
Fer	8,0mg
Magnésium	275mg
Manganèse	2,8 mg
Phosphore	328mg
Potassium	804 mg
Sodium	9,6mg
Zinc	5,5 mg
Bore	0,800 mg
Calcium	80 mg

Chlore	105 mg
Cobalte	0,0031 mg
Cuivre	0,787 mg
Vitamines	
Vitamine B1	0,170 mg
Vitamine B3 (ou PP)	0,450 mg
Vitamine E	4,0 mg

CHAPITRE II :

SALINITÉ ET PROBLÈME DE

SALINISATION

II. Salinité et problème de salinisation

1. Généralités sur la salinité:

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en (Na^+), (Ca^{++}), (Mg^{++}) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (**Asloun, 1990**). Ce type de stress est essentiellement dû au NaCl en conditions naturelles (**Sun et Zheng, 1994**). Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout là où l'irrigation est pratiquée (**Ashraf, 1994**). La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, qui constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole. (**Asloun, 1990**).

1.1. Définition de sols salés (sols halomorphes)

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire, ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines). (**Girard et al., 2005**).

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions, provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leur structure. On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0,5g/l (Robert, 1996). Selon Calvet (2003), un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4ds/m. Génétiquement, les sols sont constitués par deux unités très différentes, les salisols, dans lesquels les sels sont formés de sodium, de calcium ou de magnésium sont sous la forme de sels solubles simples ou complexes. Les sodisols à complexe sodique dans lesquels les cations, essentiellement le sodium sont sous la forme échangeable, les sels solubles étant très peu abondants (**Bouteyre et Loyer, 1992**).

1 - 2- Définition de la salinité:

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (**BAIZ, 2000 et MAATOUGUI, 2001**). C'est un facteur environnemental très important qui

limite la croissance et la productivité (**ALLAKHVERDIEV et al, 2000 in BOUZID, 2010**).

La salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (**HASEGAWA et al, 1986 in: NDEYE THIORO, 2000**).

1. 3 - Type de salinité:

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation des sels. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (**MAILLARD, 2001**).

- **salinisation primaire:**

Près de 80% des terres salinisées ont une origine naturelle (édaphique), on qualifie alors la salinisation de (primaire). Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes:

* Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.

* Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.

* Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (**MERMOUD, 2006**). Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (**ANTIPOLIS, 2003**).

- **Salinisation secondaire:**

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique : sont qualifiées de (secondaires) dû principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (**ANONYME, 2006 et LE GOUPIL, 1974**).

1.4 - Notion de la salinisation :

C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol (**IPTRID, 2006**). Une salinisation trop importante accompagnée parfois d'une alcalinisation du complexe absorbant des sols (**IRD, 2008**). Ce sont là les types de dégradation les plus fréquentes et souvent liées à la désertification. Plus l'aridité est forte, plus l'irrigation est incontournable à la culture, et plus son usage est risqué.

La salinisation peut avoir une origine naturelle: faible précipitations, évaporation intense, existence d'une roche mère salée (Forster *et al.*, 1990), elle représente 80% des terres salines et appelé salinisation primaire.

Elle peut aussi provenir d'une eau d'irrigation saumâtre voire même de l'utilisation excessive d'engrais, et la remontée capillaire des eaux souterraines salines (Forster *et al.*, 1990).

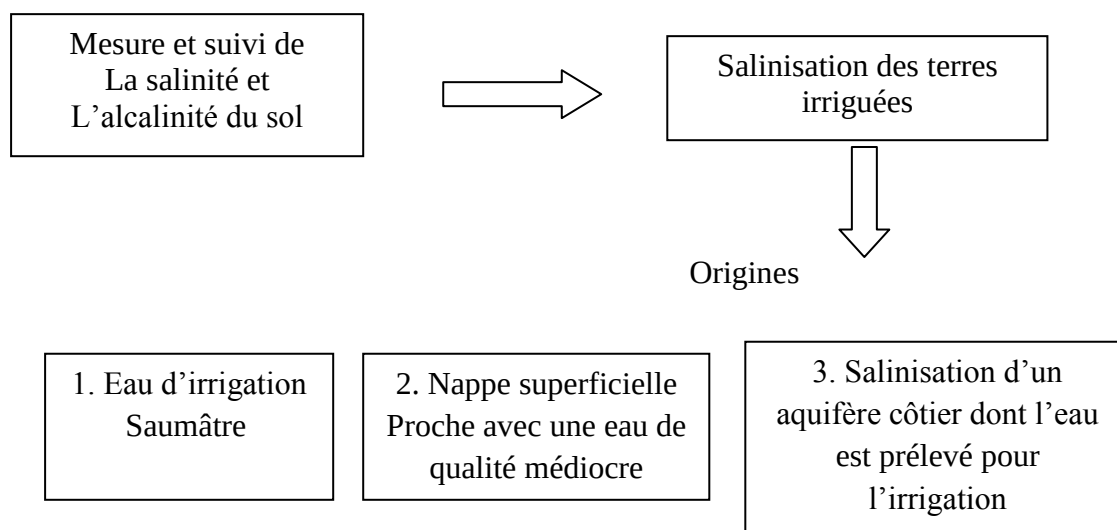


Figure 08: Origines de la salinisation (IPTRID, 2006).

2 . le stress:

2 . 1 .Définitions du stress:

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de la croissance ou de développement.

Le stress est fondamentalement un concept mécanique défini par les ingénieurs et les physiciens comme étant une force exercée par unité de surface d'un objet en réponse au stress, l'objet oppose une déformation ou un changement de dimensions (HOPKINS, 2003).

On peut donc considérer que la notion de stress implique d'une part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante et de l'animale, et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec soit l'adaptation à la nouvelle situation soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (LECLERC, 1999).

2.2 Catégories de stress:

On distingue deux grandes catégories de stress :

Biotique : imposé par les autres organismes (insectes, herbivores.....).

Abiotique : provoqué par un déficit ou un excès de l'environnement comme la sécheresse, la température extrême, la salinité.

Les stress abiotiques ou environnementaux affectent la croissance et le rendement des plantes contrairement aux animaux qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables, les plantes ont développées des stratégies d'adaptations pour répondre aux chocs chimiques ou physiques engendrés par l'environnement en contrôlant et en ajustant leur systèmes métaboliques (**HAMZA, 1980**).

2.3 Différents types de stress:

2.3.1 Stress hydrique:

Le stress hydrique est un stress qui est provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entres elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (**Hopkins, 2003**).

2.3.2 Stress thermique:

La température est l'un des principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes. Les plantes qui poussent dans des régions désertiques et dans des régions cultivées semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des niveaux de radiations élevées, à des faibles humidités du sol et à des intensités potentiellement élevées de la transpiration. (**Hopkins, 2003**).

2.3.3 Stress salin:

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, à un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique (**NULTSH, 1998**).

Selon Hopkins (2003), le stress salin est considéré comme étant un excès d'ions en particulier Na^+ et Cl^- . (**LECLERC ,1999**) montra qu'une abondance de sels dissous s'observe bien sur en milieux marins mais aussi dans beaucoup de milieux terrestres plus particulièrement dans les zones semi désertiques. Les plantes qui croissent sur des sols très salins sont nommées halophytes.

2.4. La plante et le stress

Le quotidien des végétaux n'est pas de tout repos. En effet, la croissance est, à tout instant, affectée par une multitude de stress environnementaux. Les plantes ont mis en place des mécanismes qui leur sont propres pour percevoir et répondre à toute une série de stress environnementaux tels que la déshydratation, les basses températures, la chaleur, les stress mécaniques comme le toucher ou le vent, les blessures ou encore les infections provoquées par des espèces qui leur sont pathogènes. Tous ces stress environnementaux sont donc perçus par la plante comme des stimuli qui, par un phénomène de transduction du signal au sein de la cellule végétale, vont à leur tour induire tout un ensemble de réponses biochimiques, moléculaires (expression ou répression de certains gènes) ou physiologiques (**Tafforeau, 2002**).

Ainsi, depuis la vie embryonnaire, le développement des végétaux est fonction non seulement de l'information génétique que ceux-ci portent et qui est spécifique à chaque individu, mais aussi des caractéristiques de l'environnement. Les végétaux sont constamment soumis aux différentes variations environnementales et subissent divers stress biotiques et/ou abiotiques. Aussi, les plantes ont-elles développé des stratégies d'évitement et de tolérance vis-à-vis de ces variations, ce qui leur permet de s'adapter et de s'acclimater aux différentes modifications pour survivre. (**Elmsehli, 2009**).

L'étude des plantes placées dans ces conditions, appelée physiologie des stress, est un aspect important de l'écophysiologie végétale pour trois raisons. D'abord, les plantes répondent souvent aux stress en modifiant leur physiologie et leurs métabolismes normaux; ensuite, l'étude de la physiologie des stress contribue à la compréhension des facteurs qui limitent la répartition des végétaux; enfin, en agriculture, la capacité des cultures à résister aux stress est l'un des facteurs important de la détermination du rendement.

2.5. Principe général d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel:

Généralement, sous les conditions salines, une voie de transduction d'un signal de stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane de la plante (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et des facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques (Voir schéma ci-dessus)

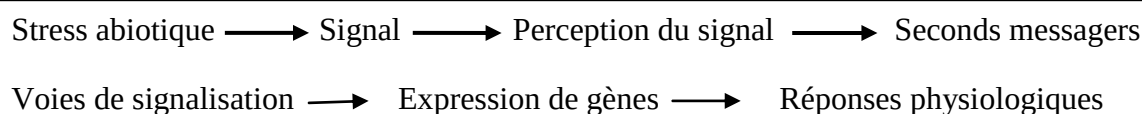


Figure 09: adaptation et résistance des plantes face au stress salin.

Selon(**Levitt ,1980**), on distingue deux types d'adaptation:

- adaptation élastique (ou capacité d'adaptation): concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress.
- adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation): inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

3 . Adaptation des plantes:

3.1 Stratégies d'adaptation:

3.1.1 Adaptation à la sécheresse:

La résistance à la sécheresse est définie de différentes manières, ce qui explique l'existence de plusieurs classifications (**LEVITT, 1980**) qui suggère trois grands types de résistance à la sécheresse :

- 1- L'évitement de la sécheresse par la plante grâce à des particules de leur cycle de développements .
- 2- La tolérance à la sécheresse avec maintien du potentiel hydrique élevé : la plante doit augmenter l'absorption racinaire et/ ou réduire sa transpiration .
- 3- La tolérance à la sécheresse avec une faible teneur en eau qui se fait par deux mécanismes; maintien de la turgescence cellulaire grâce à l'augmentation du potentiel osmotique et tolérance à la dessiccation. Cette tolérance dépend de la capacité de

membranes à résister à la dégradation enzymatique et à la dénaturation des protéines.

3.1.2 Adaptation à la salinité:

Il existe des stratégies d'adaptation communes au stress salin qui font appel à des modifications plutôt d'ordre physique : réduction de l'hydratation cellulaire, réduction du volume cellulaire, modification du module d'élasticité des parois cellulaires et augmentation de la conductivité hydraulique. D'autre part, il existe des stratégies plutôt d'ordre chimique et en particulier l'ajustement osmotique (YEO ,1983). Selon (CHRETIEN ,1992), le métabolisme de la plante dans les milieux fortement salés est lié :

- à une résistance de la plante à la déshydratation .
- à une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques .
- à une alimentation en eau convenable .
- à un contrôle efficace des flux ioniques intracellulaire et intra tissulaire.

3. 2- Catégories d'adaptations:

Les plantes peuvent être groupées à cet égard en deux catégories principales sur la base de leurs comportements vis-à-vis des stress salins:

- 1- Les halophytes, qui tolèrent des concentrations élevées en sel .
- 2- Les glycophytes, qui ne tolèrent que des concentrations peu élevées en Na Cl.

3. 2.1- Mécanismes de tolérance aux sels chez les halophytes:

Chez les halophytes, les types les plus tolérants au sel ont une croissance réduite dans des conditions de faible salinité. Cette adaptation leur permet d'absorber de grandes quantités d'ions tout en maintenant la turgescence cellulaire, et en évitant leur toxicité grâce à un compartimentage cellulaire et l'accumulation dans les vacuoles, l'équilibre osmotique du cytoplasme étant assurée par une synthèse active de composées organiques solubles (GREENWAY et MUNNUS, 1980).

3. 2.2- Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes:

Les glycophytes les plus sensibles au sel restreignent le transport de Na⁺ dans les parties aériennes et maintiennent de la sorte des niveaux de sel relativement bas dans les tissus photosynthétiques.

Les espèces les plus sensibles à la salinité sont incapables de compartimenter le Na⁺ dans leurs feuilles de façon à limiter la concentration cytoplasmique de cet ion. Au contraire, les espèces glycophytes relativement tolérantes se caractérisent par un transport de grandes quantités de Na Cl dans les feuilles rendu possible grâce à un bon compartimentage cellulaire du Na⁺ (TELLES et al., 2007).

3. 3.Mécanismes d'adaptation

Adaptations morphologiques	La succulence qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules des tissus des organes aériens, est l'un des caractères les plus communs aux halophytes. La morphologie et la structure des halophytes sont adaptés dans le sens de l'économie de l'eau (HELLER <i>et al.</i>, 1998)
-Adaptations Physiologiques	La haute salinité cause le stress hyper osmotique et le déséquilibre des ions qui produit des effets secondaires ou pathologiques (HASEGAWA <i>et al.</i> 2000b; ZHU, 2001). Fondamentalement, les plantes répondent soit par l'évitement ou la tolérance à la salinité. Ces plantes sont soit en état de repos durant la phase de stress salin ou elles doivent ajuster le contenu cellulaire pour tolérer l'environnement salin.
Adaptations biochimiques	Certaines plantes, algues marines, bactéries et autres organismes accumulent des composés organiques tels que les sucres et les acides aminés à la réponse au stress osmotique (YANCEY <i>et al.</i>, 1982). Ces composés sont appelés des solutés compatibles

	(JOHNSON <i>et al.</i>, 1968) parce que à hautes concentrations ils n'inhibent pas l'activité enzymatique. Ils protègent aussi les enzymes et les membranes contre les effets nuisibles des déséquilibres ioniques tels que le Na⁺ et le Cl⁻ (YANCEY <i>et al.</i>, 1982).
-Adaptations moléculaires.	Dans l'avenir, les stratégies d'améliorations des plantes cultivées sont basées sur l'utilisation des techniques des marqueurs moléculaires et des biotechnologies, et peut être utilisé conjointement avec des méthodes traditionnelles d'amélioration (RIBAUT et HOISINGTON, 1998). Les marqueurs de l'ADN devraient rehausser le taux de la récupération de génome récurrent isogonique après hybridation et faciliter l'introggression des locus quantitatifs (Quantitative trait locus) nécessaires à augmenter la tolérance au stress. Les techniques des marqueurs moléculaires ont été utilisées avec succès pour transférer les allèles d'intérêt de parents sauvages dans les cultivars commerciaux (TANKSLEY et MCCOUCH, 1997).
Adaptations enzymatiques	La nitrate réductase est une des enzymes qui ont été montrées pour exposer les

	oscillations du circadien dans l'expression du gène et l'activité enzymatique. Le nitrate est la source majeure de l'azote pour la majorité des plantes. La première étape de l'assimilation du nitrate est la réduction du nitrate en nitrite, catalysée par le nitrate réductase. Le nitrite est réduit de plus en ammonium par le nitrite réductase et par suite incorporé dans les acides aminés à travers l'action de la glutamine synthétase et glutamate synthase (ZONGJIAN, 2005).
Adaptations hormonaux	L'ABA est synthétisé dans les racines de plusieurs espèces en réponse au différents stress (BAKER et LACHNO, 1989, NEMAT ALLA <i>et al.</i>, 1994). Il a été suggère que l'accumulation de l'ABA est une réponse naturelle qui sert médiateur de degré à que la plante peut répondre au stress de l'environnement (MOONS <i>et al.</i>, 1995). Dans la plante, le principal rôle de l'ABA et le plus important est le contrôle d'un stress. Habituellement, les racines sont les premières affectées par le manque d'eau et elles réagissent en produisant de l'ABA qui sera transporté par le système vasculaire vers les

	branches et les feuilles où il provoquera une baisse de la transpiration par la fermeture des stomates (HARTUNG <i>et al.</i> , 2002).
--	--

3.3 Conséquences de la salinité sur la plante:

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécrose marginales suivi par une perte de turgescence, une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante.

3.3.1. Effet de la salinité sur la germination:

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**Maillard, 2001**) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in BOUCHOUKH, 2010**). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (Belkhodja et Bidai, 2004).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**BOUDA S et HADDIOUI, 2011**)

* Effet osmotique :

La salinité inhibe l'absorption de l'eau, la mobilisation des réserves et leur transport vers l'embryon. Cependant il existe un seuil critique d'hydratation que l'embryon doit atteindre avant le démarrage des processus germinatifs.

* Effet toxique :

Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination. (**Rejili et al., 2006**), signalent qu'une bonne germination des graines et une émergence sous le stress salin est un critère valable pour garantir l'établissement adéquate dans les sols affectés par le sel. Cependant, (**Ben Ahmed ,1996**) rapporte que la corrélation entre la tolérance au stade de germination des semences et la tolérance des plantes pendant les autres périodes de croissance n'est pas obligatoire.

3. 2. L'effet de la salinité sur la croissance

3. 2. 1 . Effet de salinité sur la croissance et le développement:

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**BOUAOUINA et al, 2000**). La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

□□ La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de Ca^{2+} qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en Na^{+} s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{2+} , K^{+} , N, P et Ca^{2+} dans la plante (**LEVITT, 1980**). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K^{+} , Ca^{2+} ou NO_3^{-} deviennent limitant (**SOLTANI, 1988 in Haouala et al, 2004**).

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (**JABNOUNE, 2008**).

3. 2. 2. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (**Romeroaranda et al., 2001 in Parida et Das, 2005**).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (**Lu et al., 2002 in Parida et Das, 2005**).

3. 3. Effet de la salinité sur la biochimie de la plante :

La salinité réduit la vitesse de la photosynthèse suite à une diminution de la conduction stomatique de CO_2 (**SANTIAGO et al, 2000**). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs comme la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO_2 , la toxicité du sel, la réduction de l'approvisionnement en CO_2 à cause de la fermeture des stomates, la sénescence accrue induite par la salinité et le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (**IYENGAR et REDDY, 1996 in: PARIDA et DAS, 2005**).

Chez diverses espèces plus ou moins résistantes, un taux élevé des sucres totaux résultant du blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une grande hydrolyse de l'amidon (**ASLOUM, 1990**).

3. 4. L'effet de la salinité sur les enzymes antioxydants:

En cas de stress biotique ou abiotique, on observe chez les plantes une production rapide et massive d'espèces réactives de l'oxygène. De nombreuses études ont été menées, notamment chez les plantes, afin de préciser quels facteurs entraînent ce phénomène.

De nombreuses conditions environnementales ont ainsi été définies : la sécheresse, les stress thermiques (hautes et basses températures), l'exposition aux métaux lourds, aux ultraviolets, aux polluants aériens tels que l'ozone et le SO₂, les stress mécaniques, les carences en nutriments, les attaques de pathogènes, la salinité et les fortes expositions à la lumière (**Ben Naceur et al., 2005**).

Le stress salin cause un déficit hydrique comme conséquence à l'effet osmotique sur les activités métaboliques des plantes. Ce déficit hydrique cause un stress oxydatif à cause de la formation des espèces réactives de l'oxygène comme les superoxydes, les radicaux hydroxyle et peroxyde.

Les espèces réactives de l'oxygène qui sont le produit des stress hyper osmotique et ionique causent des dysfonctionnements dans la membrane et la mort cellulaire (**Bohnert et Jensen, 1996 in Parida et Das, 2005**). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène par l'induction de l'activité de certaines enzymes antioxydants comme la catalase, la peroxydase, la glutathion réductase et la su peroxyde discutasse, qui éliminent les espèces réactives de l'oxygène. L'activité des enzymes antioxydants comme l'ascorbate peroxydase, la glutathion réductase, la monodéshydroascorbate réductase (MDHAR) et la déshydroascorbate réductase (DHAR) augmentent sous les conditions de stress salin chez le blé alors que l'ascorbate total et le contenu de la glutathion diminuent (**Hernandez et al., 2000 in Parida et Das, 2005**).

3. 5. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des modifications dans la balance ionique entraîne une faible production d'énergie par les réactions de phosphorylation et photorespiration. L'assimilation de l'azote et de nombreuses voies métaboliques sont perturbés. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. La glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de substances minérales, comme le potassium, les nitrates ou le calcium sont également réduites. La plante montre alors des signes de stress par

la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir terminées leur croissance et développement, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (**Ben-Hayyim *et al.*, 1989 ; Speer et Kaiser, 1991**).

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES

III. Matériels et méthodes :

1. Choix de site d'étude:

Cette étude est réalisée dans la région d'EL OUED durant l'année universitaire 2017-2018, pour étudier principalement l'effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique chez les variétés de quinoa. Notre travail élaboré de recherche a été réalisé au sein du laboratoire Pédagogique de biologie végétale à l'institut de Biologie, de l'Universitaire Hamma Lakhdare El-Oued.



Figure 10: Expérience du site.

1.1.Caractéristiques climatiques de la région:

Le climat de la vallée sera chaud en été et froid en hiver et peu de pluie et ainsi de suite, les facteurs climatiques suivants sont utilisés dans notre analyse des données climatiques obtenues auprès de la Direction de l'Agence météorologique nationale à l'aéroport de gamar. (ONM,2016)

Tableau (03) Données climatiques pour la région de l'oued pour la période entre2017:

Mois	TN en °C	TX en °C	UN en %	UX en %	FX m/s	RR mm	EVA en mm
Janvier	3,5	16,2	36	81	8,4	0,0	75,5
Février	8,5	21,5	32	76	10,4	0,0	117,1
Mars	11,1	24,8	28	74	10,2	10,8	124,8
Avril	14,9	27,4	29	72	11,7	38,7	159,1
Mai	21,2	35,1	24	59	12,3	0,0	283,7
Juin	24,6	38,7	23	56	10,3	0,0	249,4
Juillet	27,0	41,2	20	50	9,1	0,0	348,9
Août	26,3	41,2	20	54	9,8	0,0	323,2
Septembre	21,2	34,6	31	74	9,7	27,4	114,9
Octobre	15,9	28,6	32	80	7,9	7,1	81,2
Novembre	9,8	21,6	37	81	6,9	32,4	92,3
Décembre	5,7	17,2	39	85	7,2	Trace	80,8

2. Objectif du travail

- Etude de l'évolution du profil hydrosalin durant le cycle végétatif d'une culture du Quinoa.
- La relation entre les différents paramètres de la culture du Quinoa et le profil hydrosalin.

3. Matériel et méthodes :

3.1. Matériel végétal : Le matériel végétal choisi sont trois variétés de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) : (*Blanca de Junín*, *V5santa maria*, *V15*)



Figure 11: essai de culture de Quinoa à el 'oued.(origine 2018)

3.2. Méthodes :

3.2.1. Préparation des échantillons:

3.2.1.1. Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est celui du bloc aléatoire avec trois répétitions.

- * de chaque bloc (03parcelle) .la superficie de terrain de culture est **84,5 m²** .
- * nombre de poquet est 25 .
- * l'espacement entre les limites de la parcelle et première poquet est de 7cm .
- * l'espacement entre deux poquets largement à l'intérieure de la parcelle est de 12cm.
- * l'espacement entre deux poquets longuement à l'intérieure de la parcelle est de 20cm.

- * longueur de la parcelle est 1.5m.
- * largeur de la parcelle est 1.5m.
- * l'espacement entre deux parcelle est 0.5m.
- * la superficie de la parcelle élémentaire est de 2.25m^2

Deux concentrations utilisées sont 6 et 9 g/l de NaCl.

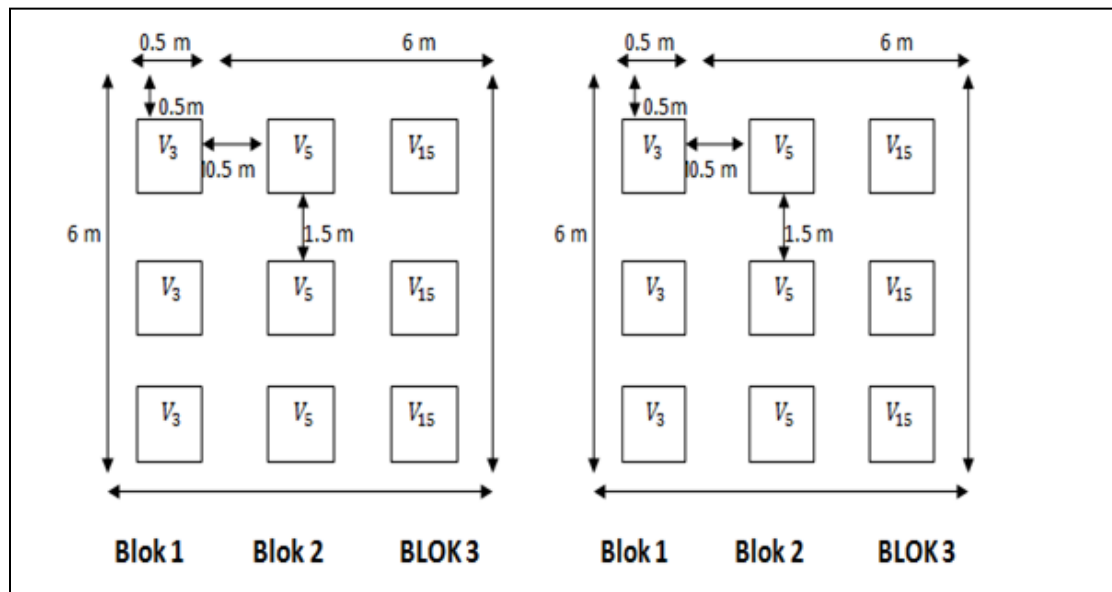


Figure 12: dispositif expérimenta de la culture du Quinoa.



Figure 13: Culture de Quinoa.(origine 2018)

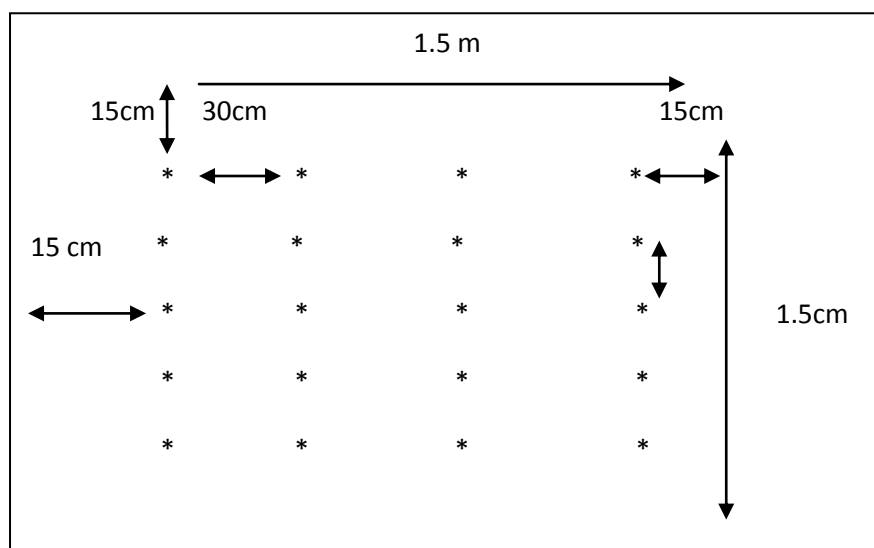


Figure 14 : Schéma d'une parcelle élémentaire.

3.2.1. 2. Analyse du sol:

Cette analyse vise à déterminer les caractéristiques physico-chimiques de sol dans laquelle l'essai a été installé et la relation entre ces caractéristiques et le comportement des variétés quinoa vis-à-vis la salinité. Cette analyse a été faite au laboratoire. (laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité et de la conformité.)

Paramètre	Unité	Résultat
PH 1/5	/	7.48
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	949.00
Matière Organique	%	2.07

3.2.2. Opération culturale:

3.2.2. 1. Précédent culturel :

L'essai a été installé à l'université Hamma Lakhdare El-Oued, dans le département l'agronomie sur une surface de **84,5 m²**; Le semis est réalisé le **18 octobre 2017** en poquet et on **l'février 2018** Récolter les grains de quinoa.

3.2.2. 2. Préparation du sol :

Le labour est effectué en octobre manuellement ce qui a pour but d'éliminer les mauvaises herbes, d'ajouter de la matière organique et de bien mélanger avec un sol sablonneux.

3.2. 2.3. Teste de germination:

Détermination du pourcentage de graines susceptibles de germer est réalisée par l'imbibition de 20 graine dans l'eau en condition normale, pendant 72 à 120 heures ,

Tableau 0 4 : teste de germination:

Variété	Total	Germées	Taux
V3 blanc de junin	20	20	100%
V5 santa maria	20	18	90%
V15	20	20	100%

$$G\% = 100 * (T/N)$$

T: Nombre total des graines germées.

N: Nombre total des graines mises à germer.

3.2. 2.4. Semis:

Le semis est effectué le 18 octobre en poquet, nous avons semé manuellement à une profondeur de 2 à 3 cm lorsque nous avons fini de tasser le sol

* Depuis la faculté de germination pour les 3 variétés, on sème une graine par poquet.

* le nombre de poquets par parcelle 25.

3.2. 2.5. Irrigation:

L'irrigation est réalisée par submersion avec un début par le robinet d'eau, après un mois, la contrainte de sel a été appliquée avec deux concentrations différentes:

C1: 6g/L de NaCl.

C2: 9g / L de NaCl.

Chaque parcelle a été irriguée en taille 5 L. Deux fois par semaine

3.2. 2.6. La récolte:

Elle effectue manuellement, sur une hauteur de 10 cm du sol. la date de récolte dépend de la maturité de chaque variété.

Tableau 0 5 : la date de récolte:

Stades végétale	La date
Deux feuilles vraies	4 novembre
Quatre feuilles vraies	18 novembre
Dix	30 novembre
Ramification	30 novembre
Début panicule	16 décembre
Floraison	30 décembre

3.2. 2.7. Les parties aériennes:

Pour estimer la teneur hydrique des parties aériennes on fait à peser la partie aériennes pour une plante par parcelle (les poids fraîche).



Figure 15: le poids frais de partie aérienne.(origine 2018).

Déshydraté les parties aérienne dans l'étuve en température 105°C pendant 24h. Après la Déshydratation, on a pesé les parties aériennes (poids sèche).



Figure 16: le poids sèche de partie aérienne. .(origine 2018).

3.2. 2.8. Séchage des échantillons:

Le séchage se fait à l'ombre loin de l'humidité et dans un endroit bien ventilé à une température La pièce.

3.2. 2.9. Criblage des graines:

Le criblage des graines sert à éliminer les déchets (brindilles, feuilles, poussières, ...); la première étape consiste à tamiser la quantité récoltée d'un m² dans un tamis à grand mailles pour passer les graines et les déchets et se débarrasser des gros déchets. La deuxième étape consiste à passer les graines et les déchets restants à travers un autre tamis à petit mailles pour ne conserver que les graines.



Figure 17: criblage graines de quinoa. .(origine 2018).

3.2. 2.10. Préservation:

Après avoir séché et tamisé les graines, puis enregistrez les graines dans des sacs en papier.



Figure 18: la préservation des graines dans des sacs en papier. .(origine 2018).

3.2.3. Paramètres étudiés:

3.2.3.1. Paramètre morphologique:

3.2.3.1.1: La longueur des plantes

Dix plantes ont été sélectionnées au hasard à partir de chaque parcelle et le calcul a été fait avec une règle répertoriée (cm),

La longueur des plantes issue de la croissance est mesurée à l'aide d'une règle graduée pour chaque variété et chaque concentration de sel ; les mesures de ce paramètre sont enregistrées chaque 15 jours jusqu'à la récolte.

3.2. 3.1.2. Ramification:

Calculer le nombre de Ramification de chaque répétition pour chaque parcelle.

3.2.3.2. paramètres physiologiques:**3.2.3.2.1 : l'estimation pourcentage d'humidité des plantes :**

Pour estimer le pourcentage d'humidité des plantes on arracher une plante unique de chaque parcelle sont à même la taille et à même stade de phénologie ensuite Coupe le plante à deux partie : partie racinaire et partie aérienne.

L'estimation du pourcentage d'humidité des plantes selon la méthode de Maheret *al* (2014) à formule suivants:

$$\%H = 100 \times \frac{MF - MS}{MS}$$

3.2. 3.2.2. poids des 1000 graines (PMG):

Indices la maturité est ses compréhension par observation à dessèchement et le jaunissement des feuilles ainsi taux d'humidité atteint à un niveau bas ,quand maturité des plantes on ses fauche .

3.2.3.3: les paramètres biochimiques des feuilles :**3.2.3.3.1. Dosage de chlorophylle et caroténoïdes :**

Le dosage de la chlorophylle est réalisé selon méthode Mazeliak (1979).

- * peser 100mg des feuilles vert Fraîche de chaque échantillon.
- * broyage des feuilles vert Fraîche dans mortier.
- * Ajoute pince de carbonates de calcium (Ca CO_3) pour neutraliser l'acidité vacuolaire et 12.5ml d'acétone ensuite faire la filtration.
- * lecture des densités optiques(D.O) des extraits par appareil spectrophotomètre quand les longueurs d'ondes suivants :645nm-663nm-640nm .

Les teneurs en chlorophylle a et b et chlorophylle a+b selon les formules suivantes :

$$\text{Chl a} = 12 \text{ D.O}_{663} - 2.67 \text{ D.O}_{645}$$

$$\text{Chl b} = 22.5 \text{ D.O645} - 4.68 \text{ D.O663}$$

$$\text{Chla+b} = 8.02 \text{ D.O663} + 20.2 \text{ D.O645}$$

$$\text{Caroténoïde} = 5 (\text{DO 640}) - [(\text{chl a} \times 3,12) - (\text{chl b} \times 130,3)] / 200$$

3.2.3.3.2: Dosage des sucres totaux :

Le dosage des sucres totaux est réalisé selon la méthode DUBOIS (1956).

Peser 100mg des feuilles vert Fraîche de chaque échantillon.-

*Poser des feuilles vert Fraîche dans tube à essais et ajoute 3ml d'éthanol à 80% et leur laisser durée 48 h.

* Apres 48 h faire évaporation totalement d'éthanol dans un bain marée (T=80°C).

* Ajoute 20ml de l'eau distillée à l'extrait sécheresse.

* prendre 1ml de extrait puis on ajoute 1ml de phénol 5% , 5ml d'acide sulfurique concentré .

* Laisser les solutions dans un bain marée (T=30°C) pendant de 15min.

* Lecture densité optique par spectrophotomètre en longueur d'onde 490nm.

3.2.3.3.3: dosage des protéines:

Le dosage des protéines est réalisé selon la méthode BRADFORD (1976) qui se basée sur le changement de couleur pigment de bleu coomassie Brilliant (BBC) de la couleur rouge vers la couleur bleu conséquence de liaison avec les protéines.

Peser 100mg des feuilles vert Fraîche de chaque échantillon.-

* broyage des feuilles vert Fraîche avec 5 ml de l'eau distillée dans mortier ensuite faire filtration puis on Ajoute 5ml de l'eau distillée des solutions.

* Prendre 0.2ml de solution puis ajoute 0.2ml de réaction de BBC et 1.6ml de l'eau distillée aux solutions.

* Agitation des solution a un vortex, Laisser les solutions durée de 5min à 1h.

* Lecture densité optique à une longueur d'onde 595nm

3.2.3.3.4: Dosage de l'activité de la catalase(CAT):

Le dosage de l'activité catalase (CAT) est réalisé selon la méthode de **(cakmak et Horst, 1991)**.

* Peser 500mg des feuilles vert Fraîche de chaque échantillon.

* broyage du feuilles vert Fraîche dans mortier avec 25ml de solution tampon (à 50 mmol /l et pH=7) ensuite on faire Récupération du broyage dans tube à essais.

* Centrifugation pendant 5min à 5000tr/min.

* Récupération du surnageant (extrait enzymatique).

Dans des tube à essais on ajoute 50µl d'extrait enzymatique et 2850µl de solution tampon (à 50 mmol /l et pH=7) puis on ajoute 20µl de l'eau d'oxygénée et agitation les solutions.

*lecture densité optique a une longueur d'onde 240nm chaque 20seconde durée 3minute.

L'activité de la catalase est déterminée selon la formule suivante:

$$\text{Activité catalase} = \frac{\Delta DO}{0.040 \times \text{mg protéines dans la cuve}} = \mu\text{moles/mg protéines}$$

ΔDO : différence entre densité à 240nm en $\text{cm}^{-1} \cdot \text{mmole}^{-1} \cdot \text{l}$.

0.040:coefficient d'extinction moléculaire de l'eau oxygénée de catalase(CAT)

3.2.2.3.5: dosage activité d'enzyme de glutathion (GSH):

Le taux du glutathion est quantifié selon la méthode de **(Weckberker et Cory ; 1988)**.

* peser 25mgdes feuilles vert Fraîche.

* broyage des feuilles vert Fraîche dans mortier avec 2ml de solution tampon phosphate (0.1 M pH=6.5) ensuite on faire à filtration de broyage.

* centrifugation de filtre pendant 15min à 5000tr/ min puis récupération de homogénat.

* prendre 0.8ml de homogénat dans tube à essais puis ajoute 0.2ml de ASS(acide sulfosalicylique)à 0.25%.

* agitation par vortex et laisser les solutions dans un bain de glace durée 15min.

* centrifugation pendant 5min à 1000tr / min puis récupération de surnageant (extrait enzymatique).

Concentration du glutathion (GSH) est estimée selon formule suivante:

$$\text{glutathion (GSH)} = \frac{DO}{13,1} \times \frac{1}{0,8} \times \frac{1,525}{0,5} / \text{mg de protéines}$$

La concentration du glutathion est exprimée en $\mu\text{mole/mg}$ de protéines .

DO: densité optique.

13,1:coefficient d'absorption (concernant le groupement (-SH) à 412nm).

1:volume total des solutions utilisées dans la déprotéinisation =0,8ml d'homogénat + 0,2ml d'ASS.

0,8:volume de l'homogénat trouvé dans 1(ml).

1,525: volume total des solutions utilisées dans le dosage de la GSH au niveau du surnagent = 0,5ml surnagent +1ml Tris – EDTA+0,025ml DTNB.

0,5:volume du surnagent trouvé dans 1,525.

mg de protéines : quantité de protéines exprimée en mg.

3.2.3.3.6:dosage activité d'enzyme de glutathion S – transférase (GST):

La glutathion S-transférase ou GST (**Frear and Swanson, 1970**)

* peser 500mgdes feuilles vert Fraîche.

* broyage des feuilles vert Fraîche avec 1ml de tampon phosphate avec saccharose (0.1M ,pH=6) dans mortier sur un bain de glace .

* centrifugation à 14000tr/min pendant 30min puis récupération des surnageant.

L'activité enzymatique de la GST est obtenue par la formule suivante:

$$\text{Activité spécifique de la GST}(\mu\text{M /mg de protéine}) = \frac{A \times 1400}{9.6 \times 1 \times 200} / \text{mg de protéines}$$

A:absorbance.

1400:volume total de la cuve en μl .

9.6:coefficient d'extinction en $\text{mM}^{-1}.\text{cm}^{-1}$.

1: épaisseur de la cuve en cm.

200:volume du surnageant en μl .

3.2.3.4. Paramètres biochimiques des grains:

3.2.3.4.1. Dosage de sucres totaux:

Préparation d'extrait est réalisée selon méthode de **(SHIBKO et al ,1966)**.

- * Peser 0.5g des poudres échantillons des grains de quinoa et poser dans Becher .-
- * Ajoute 5ml de acide trichloracétique (TCA) (20%) et agitation par vortex durée 5min ensuite poser mélange dans tubes verres.
- * séparation des mélange par centrifugeuse 3000rt /min durée 10min ensuite récupérée surnageant.

3.2.3.4.2. Dosage de protéine :

Préparation des extraits est réalisée selon méthode de Snyder et Desborough(1978).

- * peser 0.5g des poudres échantillons des grains de quinoa et poser dans Becher.
- * ajoute 10ml de solution hydroxyde de sodium (0.5M) et 15ml d'eau distillée .
- * agitation des mélanges par vortex durée 15min ensuite poser mélanges dans tubes.
- * séparation des mélanges par centrifugeuse 3900rt /min durée 20min ensuite récupérée surnageant.

3.2.4. Analyse statistique

Les moyennes $\pm$ SD sont calculées pour chaque groupe d'expérience. Différents tests statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel Minitab **(Weisberg, 1985)** le test de student, l'analyse de la variance à un critère de classification ont permis de mettre en évidence les différences entre les échantillons pour toutes les expérimentations.

CHAPITRE VI: RÉSULTATS ET DISCUSSION

VI .Résultats et discussion:

1. Résultats études morphologiques du quinoa:

1.1. La longueur des plantes :

Les mesures de la longueur des tiges des plantes des trois variétés (Blanca de junuin, Santa maria, V15), aux cours de traitement sous un stress salin sont rapportées dans la figure (19). La croissance en longueur des tiges a été enregistrée avec des valeurs 70.91; 68.7 et 58.76cm respectivement pour les témoins. En effet ,la concentration (6g/l) a augmenté l'allongement de tiges chez la variété Blanca de junuin avec un valeur 73.95cm, par contre les traitement avec la dose (9g/l) de NaCl , a été réduit cette croissance chez toutes variétés et particulièrement chez la variété V15 (39.64 cm).

autant le traitement statistique clarifier exister différences significatives ($p \leq 0.05$).

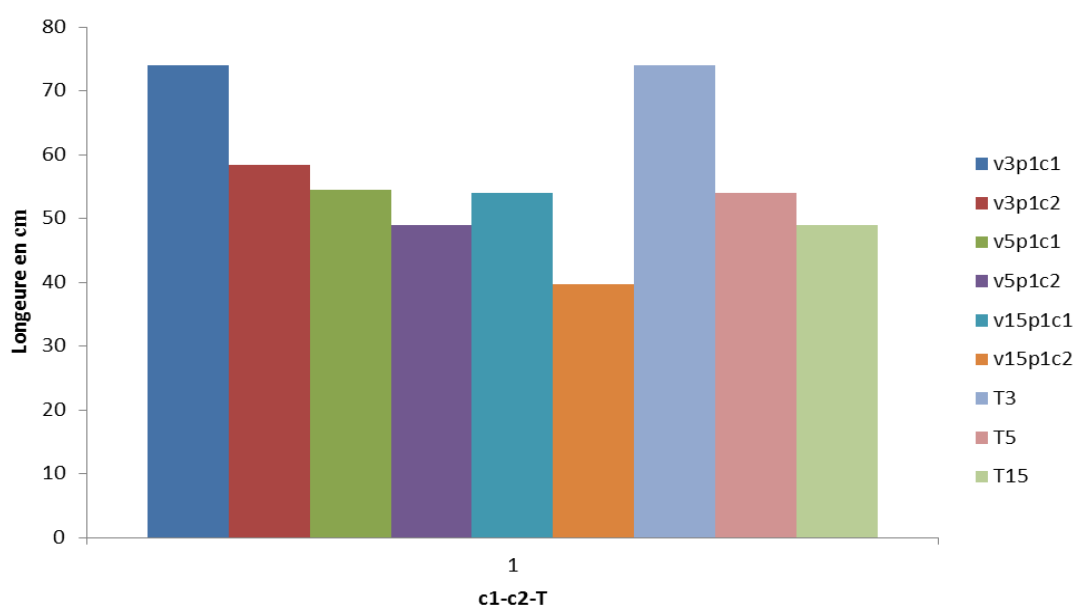


Figure 19: Effet du(NaCl)sur la longueur des plantes en cm.

1.2.ramification des plantes:

Les résultats nombrés des ramifications des plantes entre les trois variétés (Blanca de junuin,Santa maria,V15) signalés dans la figure (20) ces résultats montrent clairement que les concentrations (6; 9g/l) de NaCl ont exercé une diminution de nombre de ramification chez toutes les variétés par rapport aux témoins(15.56; 12.96; 12.63). autant le traitement statistique clarifier exister différences significatives($p \leq 0.05$).

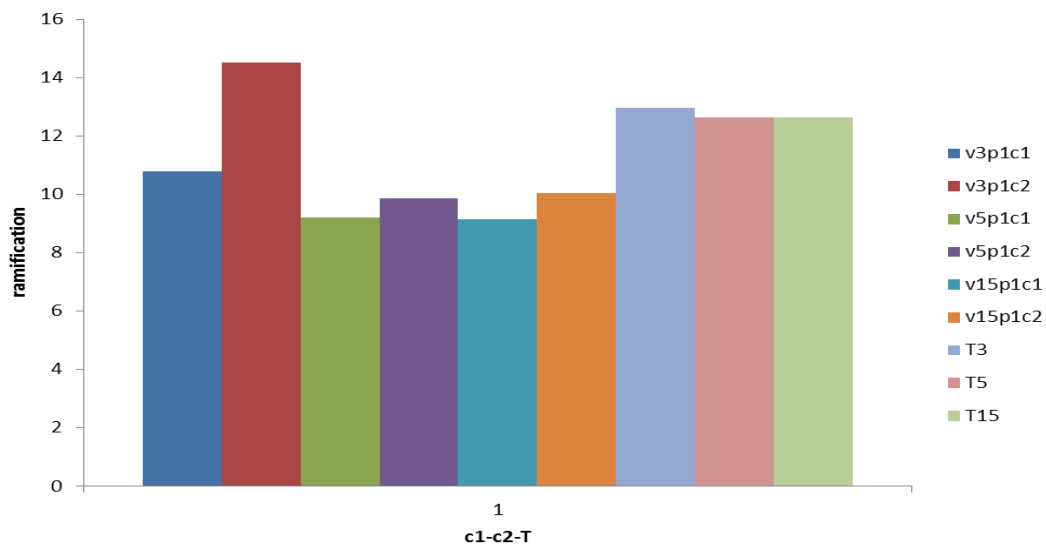


Figure 20: Effet du(NaCl)sur les ramification.

- **Discussion:**

Le traitement des plantes par des doses croissantes en NaCl a été affecté la croissance en longueurs des plantes , et entraînaient un nanisme par l'inhibition de la division et de l'élongation cellulaire, qui sont les phénomènes les plus souvent reportés pour expliquer ces effets du NaCl par (Seregin et Ivanov,2001;Malkwoski et al.,2002;Patra et al.,2004;Kopittke et al .,2007).

1.3. Le poids frais de parties aériennes:

Les résultats du poids frais des parties aériennes entre trois variétés (Blanca de junuin, Santa maria, V15) aux cours de traitement sous un stress salin sont rapportés dans la figure (21). Les valeurs enregistrées pour les témoins sont 127.6; 106.96; 53.66g respectivement pour les variétés. en effet, la concentration (6g/l) a augmentée poids frais des variété Santa maria et V15 avec des poids 120.8g et 103.9g. par contre, le traitement avec la dose (9g/l) de NaCl, a été réduit ce paramètre chez toutes variétés, autant le traitement statistique clarifier exister différences significatives ($p \leq 0.05$).

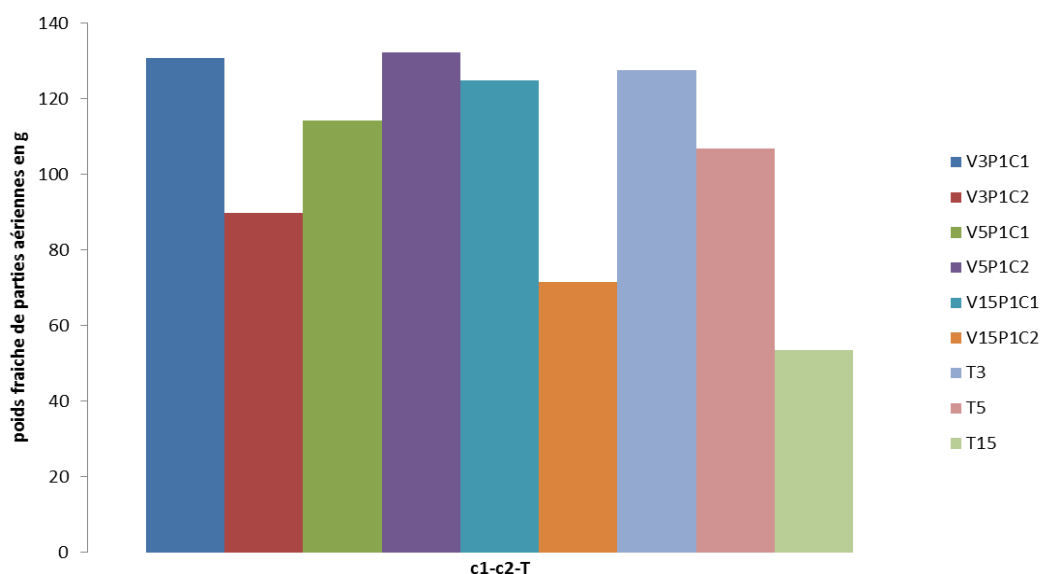


Figure 21: Effet du(NaCl) sur le poids frais des parties aériennes en g.

- Discussion:**

La diminution de la matière fraîche sous stress salin la dose (9g/l) est probablement due à une diminution de l'eau dans la feuille et du potentiel osmotique de la plantes stressée. Cette diminution s'accompagne d'une diminution de la photosynthèse pendant la période de stress hydrique par rapport à des plantes témoin. De nombreuses études suggèrent que durant la croissance végétative, le stress salin réduit de manière significative les paramètres de croissance tels que le nombre de fleurs par plant et le rendement total de la plante. Ces paramètres ont diminué et cette diminution est d'autant plus importante que le stress salin est important (Ferrara et al., 2011 ; Sam et al., 2013).

1.4.Le poids sèche de parties aériennes:

Les résultats de poids sèche des parties aériennes entre trois variétés(Blanca de junuin,Santa maria,V15) aux cours de traitement sous un stress salin sont reportées dans fugure(22). Le poids sèche des parties aériennes a été enregistré; 26; 33.7; 12.63g respectivement pour le témoins .en effet ,la concentration (6g/l) a diminué le poids sèche des variété Blanca de junuin et santa maria de avec des valeurs 21.9get 21.1gcomparativement aux témoins. Par contre, le traitement avec la dose (9g/l) de NaCl dans la variété santa maria augmente de poids sèche des parties aériennes avec une valeur 39.8g, autant le traitement statistique clarifier exister différences significatives($p \leq 0.05$).

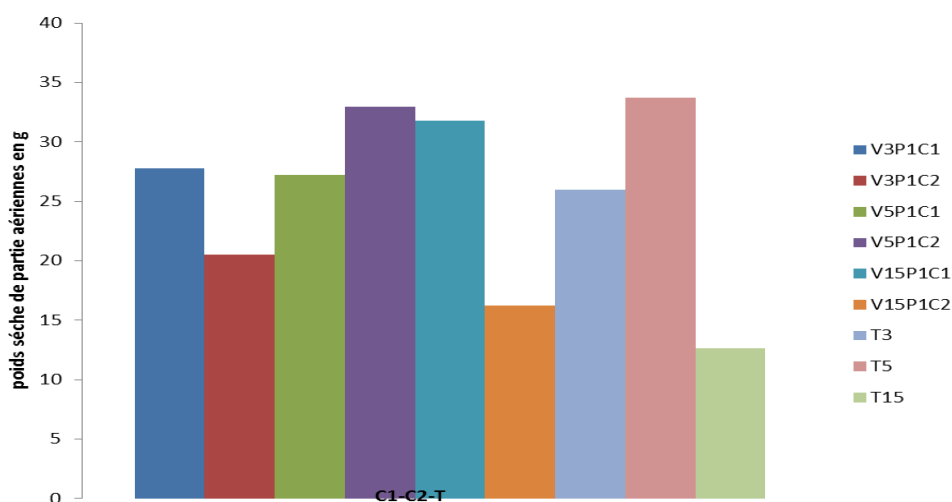


Figure 22: Effet du(NaCl)sur Le poids sèche de parties aériennes en g.

• Discussion :

L'augmentation de la teneur en NaCl dans l'eau d'irrigation provoque la réduction de la masse des matières sèche des parties aérienne et racinaire de la plante de blé tendre. Le degré d'inhibition due à la salinité sur la croissance dépend du genre, de l'espèce, de la variété, ainsi que du stade de développement de la plante, la biomasse sèche de la partie racinaire (réduction de plus de 50%) chez les deux variétés est plus sensible à la salinité que celle des parties aériennes (Ouhaddach et al ;2016), (Flowers, Yeo1989).

1.5. Résultats de poids de 1000 grains (PMG):

Résultats de PMG des trois variétés (Blanca de junuin, Santa maria, V15), aux cours de traitement sous un stress salin sont rapportées dans la figure (23). le poids de 1000 grains sont 3.73; 4.89; 4.94g respectivement pour les témoins. en effet, la concentration (6g/l) a augmentée PMG des variétés V15 et Blanca de junuin avec des valeurs respectives de 5.2g-4.9g comparativement aux témoins. Par contre, les traitements avec la dose (9g/l) de NaCl, a été réduit cette croissance chez toutes variétés. L'étude statistique montre qu'il n'y a des différences significatives entre trois variétés étudiées ($p \geq 0.05$).

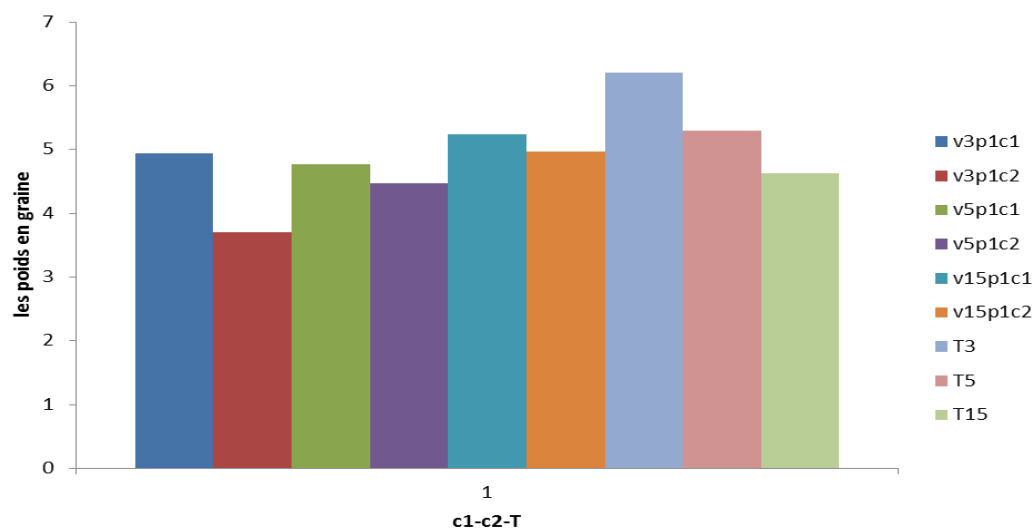


Figure 23: Effet du(NaCl) sur Le poids 1000grains (PMG) en g.

- **Discussion:**

Nos résultats pour poids 1000 graines montrent une élévation à rendement en grains et surtout chez variété V15, Ces résultats sont plus conformes que celui obtenu par (LAHOUEL., 2014) à l'étude de l'orge, qui ont trouvé qu'il y a une élévation des poids des grains se référant à la résistance de quinoa à la salinité.

2. Résultats des paramètres biochimiques du quinoa:

2.1 Les études biochimiques des feuilles:

2.1.1. Contenu des pigments photorécepteurs:

Chlorophylle (a) :

L'examen des résultats de l'effet du NaCl sur la chlorophylle (a), entre les trois variétés (Blanca de junuin ,Santa maria ,V15). Figure (24) montrent que la concentration (6g/l) de NaCl a provoquée une diminution du contenu en Chl (a) avec de valeur 4.1-3.3-3.2 ($\mu\text{g/g}$ de MF), comparativement aux témoins 5.40;5.07;4.90($\mu\text{g/g}$ de MF), respectivement pour les variétés Blanca de junuin ,Santa maria etV15. En revanche, la dose (9g/l) a stimulé ce contenu chez la variété Santa maria avec une valeur de 6.9 $\mu\text{g/g}$ de MF par rapport au témoin . L'étude statistique montre qu'il n'ya des différences significatives entre trois variétés étudiées ($p \geq 0.05$).

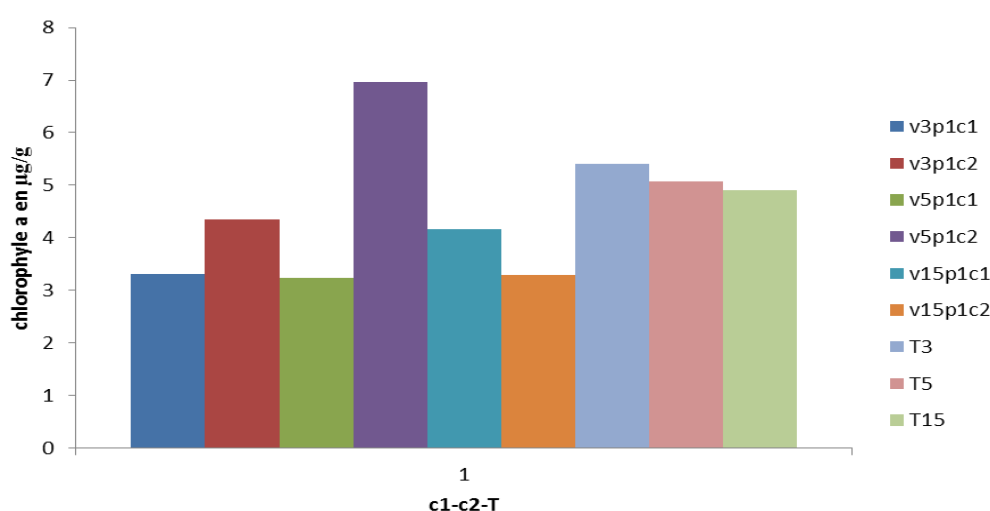


Figure24:contenu des feuilles de chlorophylle a en $\mu\text{g/g}$ de MF.

• Discussion:

L'observation des contenus chlorophylliens (a), montre que toutes les variétés ont été affectées d'une manière négative par le stress salin. En effet, la dose appliquée (6g/l) de NaCl (stress modéré) a réduit le contenu en chlorophylle (a), chez les 3 variétés étudiées. Signalons en outre, que cette même concentration a induit une chute plus prononcée chez les variétés Blanca de junuin et santa maria ; en effet , le stress hydrique conduit à la fermeture des stomates dus au manque d'eau dans les cellules de garde et aux processus de transpiration diminués et donc l'absence de régulation

thermique et chaleur des feuilles affectant directement les différents processus , notamment le processus de photosynthèse. Ceci a confirmé (**De Raissac M., 1992**).

Chlorophylle (b):

L'examen des résultats de l'effet du NaCl sur la chlorophylle(b),entre les trois variété (Blanca de junuin ,Santa maria ,V15).induit que les concentrations salines (6; 9g/l) de NaCl ont provoquée une diminution du contenu en Chl (b) comparativement aux témoins 4.18; 4.48; 4.48($\mu\text{g/g}$ de MF) , respectivement pour les variétés Blanca de junuin ,Santa maria etV15. autant le traitement statistique clarifier exister différences significatives($p \leq 0.05$)

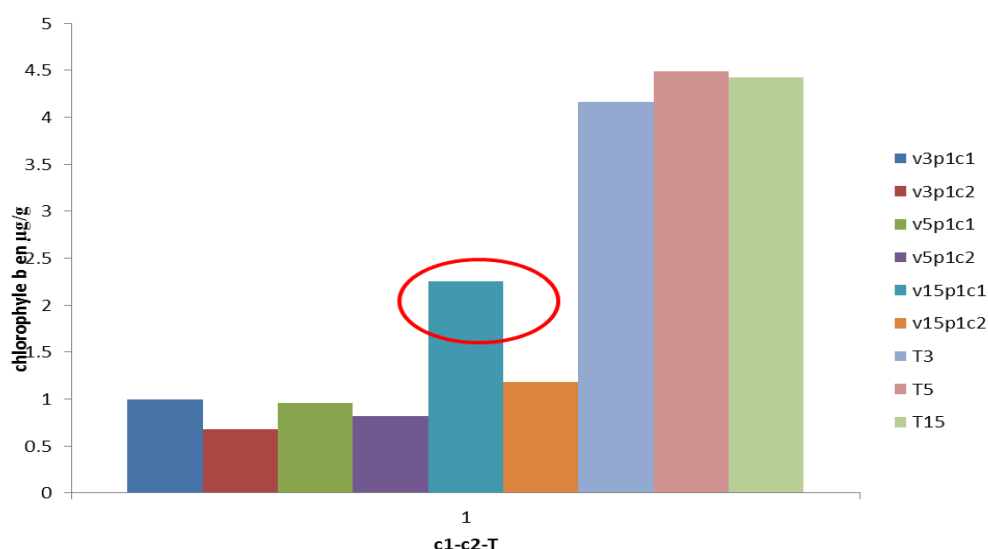


Figure25: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de chlorophylle b en $\mu\text{g/g}$ de MF.

• Discussion:

Concernant la chlorophylle (b), on a noté également un effet identique, c'est adire, diminution des contenus chez toutes les variétés traitées avec les solutions salines, précisément chez la variété V15 . Ces résultats sont en accord avec d'autres travaux déjà réalisés par El Iklil, (2001), Cheikh M'hamed, (2008) et Tahri, (1998) ; Ayant montré l'action négative de la salinité sur le taux de chlorophylles b et élimination totale dans le mésophile foliaire, causée par la perte de turgescence et la dégradation des membranes cellulaires. Un tel résultat confirme celui de (**Zhen et al.,2008**).

Chlorophylle (a+b) :

L'examen des résultats de l'effet du NaCl sur chlorophylle (a+b), entre les trois variété (Blanca de junuin, Santa maria, V15). Montrent que le stress salin a provoqué une diminution du contenu en Chl (a+b) avec des valeurs 6.4- 4.2- 4.1 ($\mu\text{g/g}$ de MF) pour le doses 6;9g/l, comparativement aux témoins 10.24; 9.55; 9.32 ($\mu\text{g/g}$ de MF), respectivement pour les variétés Blanca de junuin ,Santa maria etV15. autant le traitement statistique clarifier exister différences non significatives($p \geq 0.05$).

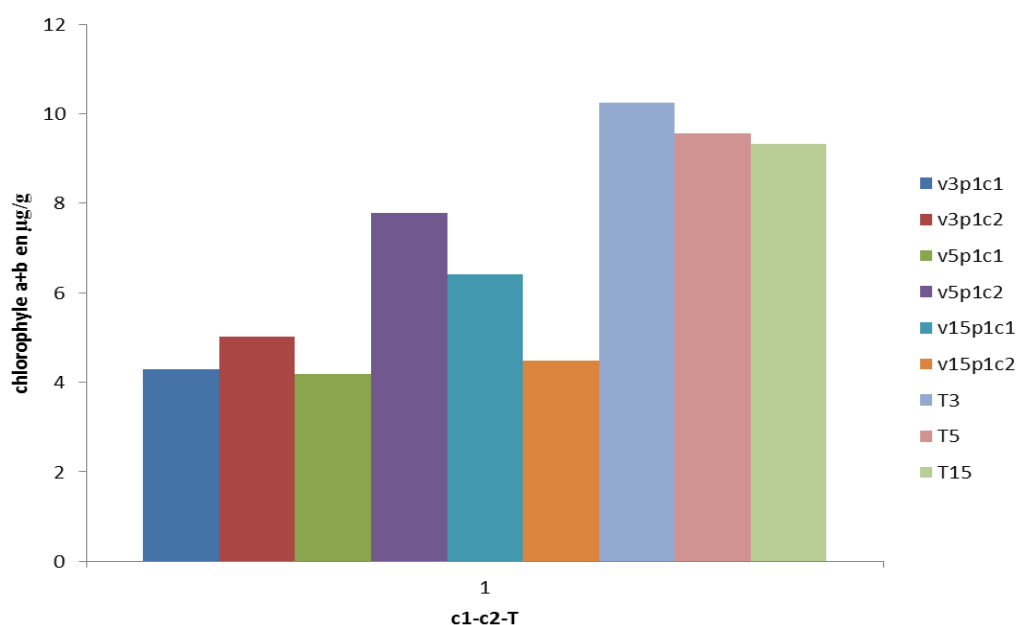


Figure26: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de chlorophylle a+ b en $\mu\text{g/g}$ de MF).

• Discussion:

L'effet du sel sur la teneur en pigments photorécepteurs de la chlorophylle (a+b), induit une diminution de ce contenu chez les trois variétés ce qui entraine un frein à la diffusion du CO_2 dans les feuilles, ou encore la toxicité de certains ions du sel (Na^+ , Cl^-) qui engendrait une sénescence avancée des tissus (Iyengar et Reddy, 1996).

Caroténoïde:

Les résultats obtenus (figure27)montrent que le stress salin a provoqué une diminution chez les trois variétés Blanca de junuin; Santa maria et V15, avec les deux concentrations (6; 9g/l).cette diminution est 2.91; 0.91; 1.42 $\mu\text{g/g}$ pour la dose 9 g/l parallèlement aux témoins 3.94; 4.21; 4.13 $\mu\text{g/g}$ aux. autant le traitement statistique clarifier exister ne différences pas significatives($p \geq 0.05$).

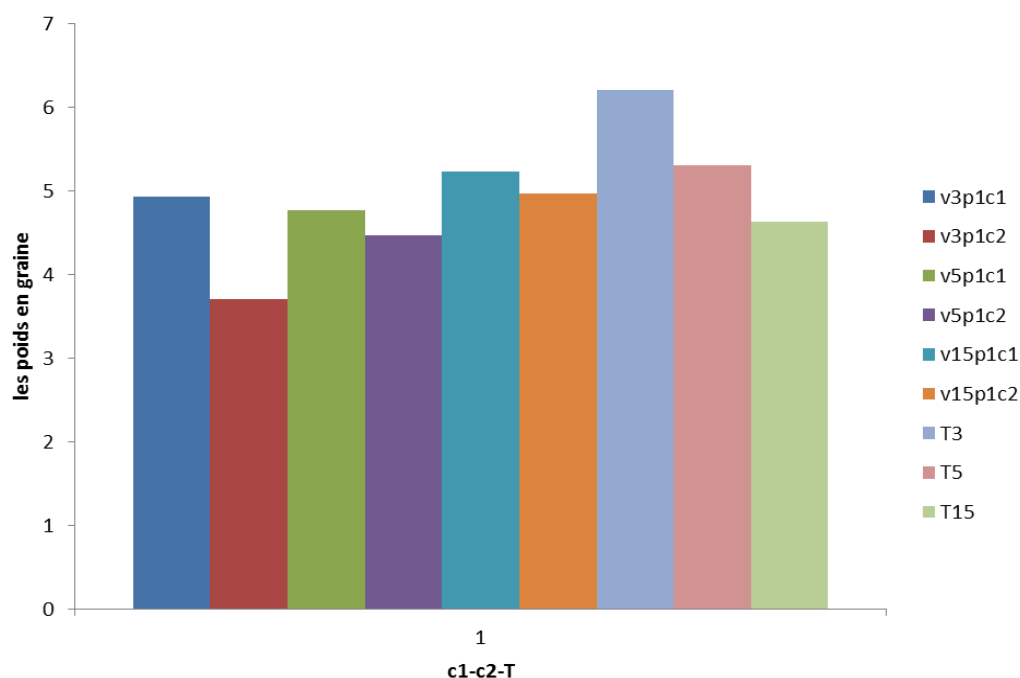


Figure27: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de caroténoïde en µg/g.

• Discussion :

Cette diminution dans les trois variétés a été expliquée (Doudéché, et al 2008) par la dégradation des membranes de thylakoïdes des chloroplastes et l'altération du processus photosynthétique. Des résultats similaires ont été trouvés par d'autres travaux, notamment ceux de (Cheikh M'hamed et al., 2008), sur le pois chiche, (Chen et al., 1991), sur le trifle bleu.

2.1.2 . Dosage du sucre soluble:

Le contenu en sucres solubles extraits à partir des feuilles des plantes est mentionné dans la figure (28). L'observation de ces résultats montre clairement que la concentration (6g/l) de NaCl a exercé une augmentation dans la variété Santa maria avec une valeur 89.4 µg/g de MF par rapport au témoin 63.7 µg/g de MF. Par contre, la dose (9g/l) a enregistré une diminution chez les deux variétés Santa maria et V15 avec des valeurs 49- 43.6 µg/g de MF par rapport aux témoins 65.7 µg/g de MF respectivement. En effet, la même concentration a induit une forte augmentation chez la variété Blanca de juin avec une valeur 64.57 µg/g de MF par rapport au témoin 26.857 µg/g de MF. L'analyse statistique montre clairement l'existence de différences significatives ($p \leq 0.05$).

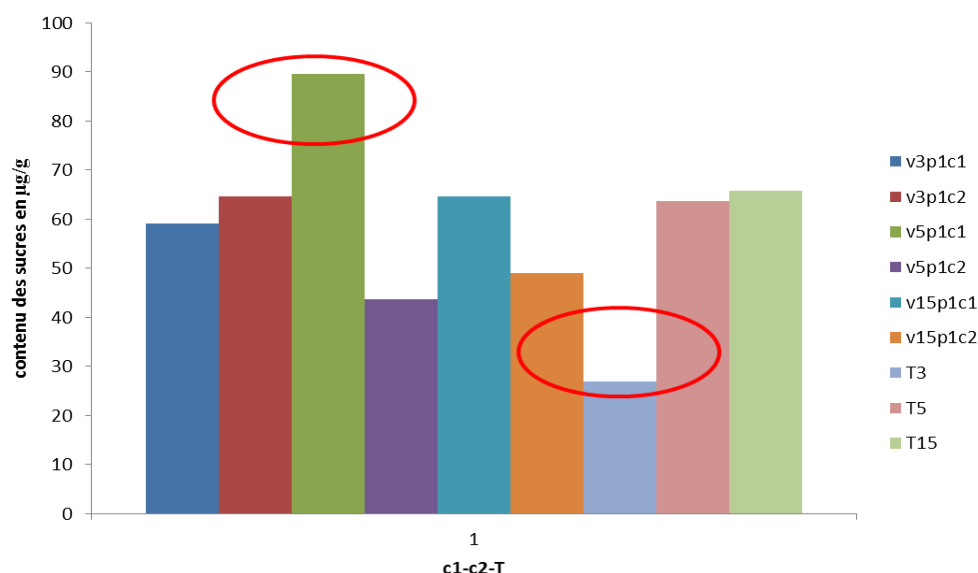


Figure28: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de sucre en µg/g de MF.

• Discussion:

Le stress salin provoque une augmentation de la teneur en sucres solubles chez les variétés Santa maria et V15 par le traitement avec la dose (6g/l). De nombreuses études ont trouvées les mêmes résultats tel que : (**Datta et al., 2009**) sur le blé tendre , l'orge (**Hassani et al., 2008**), la tomate (**Khavarinejad et Mostafi, 1998**). Par ailleurs, (**Gadallah, 1999**), a trouvé que le sel entraîne une diminution de sucres solubles chez la fève (*Vicia faba*). (**Perez alfocea, 1996**), Il a été aussi trouvé que les fortes concentrations salines induisent une chute brutale de la teneur en sucres solubles chez la tomate). Nos résultats sont en parfait accord avec ces études, qui traduisent la capacité des espèces à s'adapter à un stress salin en utilisant les sucres solubles comme moyen d'accommodation à la contrainte pour réajuster leurs potentiel osmotique (**Parent et al., 2008**).

2.1.3. Dosage de protéine :

Le contenu en protéine extrait à partir des feuilles des plantes est mentionné dans la figure (29). L'observation de ces résultats montrent clairement que la concentration (6g/l) de NaCl a exercé une augmentation du contenu en protéines chez les variétés V15 et Santa maria avec des valeurs 315.6- 285.4 µg/g de MF par rapport aux témoins 240.48; 160 µg/g de MF successivement. En effet, la même concentration a induit une élévation chez la variété Blanca de juin de 180 µg/g de MF par rapport au témoin 162.65 µg/g de MF. Par contre, la dose (9g/l) a enregistré une augmentation chez les deux variétés Blanca de juin et V15 avec des valeurs 265.6- 261.4 µg/g de

MF par rapport le témoins 162.65; 240.48µg/g de MF . l'analyse statistique montrent clairement exister différences significatives ($p \leq 0.05$).

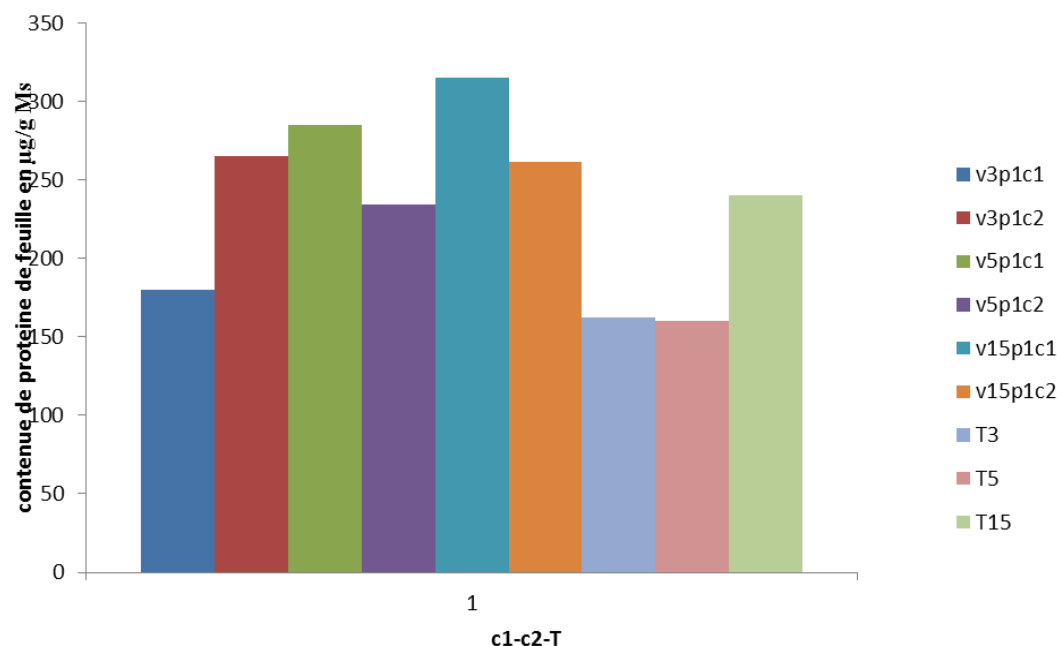


Figure29: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles de proteine en µg/g de MF.

• Discussion:

Les résultats obtenus dans ce travail, montrent que l'élévation du contenu en protéines solubles dans les feuilles est associée à la salinité. En effet, les doses appliquées durant le stress ont stimulé la synthèse protéique (**Datta et al., 2009**) sur le blé, (**Agastian et al., 2000**) sur les mûriers (**Parida et al., 2002**).

3.Résultats dosage des enzymes:

3.1 . dosage activité d'enzyme Catalase(CAT):

L'effet du NaCl sur la catalase figure(30) chez les trois variété (Blanca de junuin ,Santa maria et V15) montrent que la concentration (6g/l)en NaCl a réduit l'activité de cette enzyme chez les trois variétés (Blanca de junuin ,Santa maria et V15) avec des valeur 124.9- 52.5- 4.6 µKat/at des protéines comparativement aux témoins 76.35;144.17;125.27µKat/at desprotéines.par contre la concentration (9g/l) en NaCl réduit l'activité de la catalase dans les trois variété (Blanca de junuin ,Santa maria et V15) avec de valeur51.3-38.8-176µKat/at desprotéines comparativement au témoin augmenté76.35;144.17;125.27µKat/at desprotéines. l'analyse statistique montrent clairement exister différences significatives ($p \leq 0.05$).

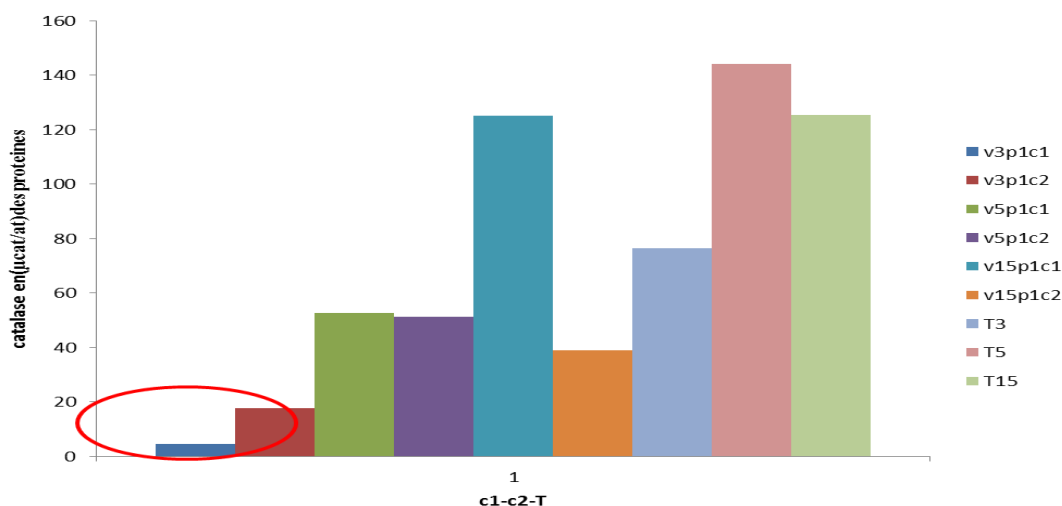


Figure30: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles La catalase (CAT) µKat/at.

- **Discussion:**

La catalase (CAT) est parmi ces enzymes qui jouent un rôle important dans la transformation et l'élimination du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) en (H_2O). D'après nos résultats, l'activité de cette enzyme a été affectée par la salinité. La dose (6g /l) a diminué cette activité chez les variétés Blanca de junuin ,Santa maria et V15. Des études analogues ont montré que le traitement des plantes par des solutions salines provoquait une réduction de l'activité de cette enzyme chez la tomate (**Doudech et al., 2008**) . l'activité de l'enzyme est dépendante de la sévérité du stress salin, de la variété et du stade de développement (**Ashraf et al., 2012**).

3.2. dosage de l'activité du glutathion(GSH):

les résultats obtenus figure(31) montrent bien que la concentration (6g/l)en NaCl a augmenté l'activité du glutathion d'une façon globale chez les trois variété (Blanca de junuin ,Santa maria et V15) avec des valeur 0.15- 0.17- 0.21(µmol/mg de protéine) comparativement aux témoin réduit0.001;0.001;0.001µmol/mg de protéine. par contre la concentration (9g/l) en NaCl a augmentée cette activité chez les trois variété (Blanca de junuin , Santa maria et V15) avec des valeurs 0.16- 0.20- 0.23 µmol/mg de protéine comparativement aux témoins 0.001;0.001;0.001 µmol/mg de protéine. L'étude statistique montre qu'il n'ya des différences significatives entre trois variétés étudiées ($p \geq 0.05$).

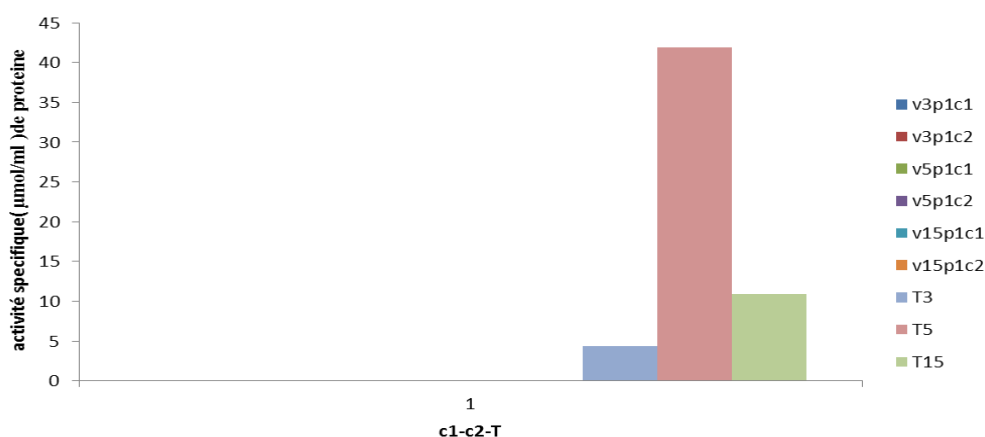


Figure31: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles Le glutathion en $\mu\text{mol}/\text{mg}$ de protéine.

- **Discussion:**

Le glutathion est un tripeptide constitué du glutamate, cystéine et glycine que l'on trouve en concentration assez élevée (1-10mM) dans les cellules des eucaryotes (animaux, végétaux, champignons), est un donneur d'électrons adéquat dans les réactions physiologiques, sa concentration est très importante dans les cellules végétales et en particulier dans les chloroplastes où elle peut atteindre 5mM (**Noctor et al., 1998**). Plusieurs auteurs ont liées l'augmentation l'activité de la GSH avec les différentes formes de stress et son accumulation est souvent simultanée avec celle des ROS (**May et al., 1998 ; Noctor et al.,1998., potters et al., 2002**). Dans cette étude est d'après nos résultats on a constaté que l'activité du GSH est augmenté successivement avec la salinité, (**Shi et al., 2007 ; Hernandez et al., 2000**).

3.3. Dosage activité d'enzyme glutathion S – transférase (GST):

les concentrations saline appliquées réduit l'activité glutathion S – transférase chez les trois variétés (Blanca de junuin ,Santa maria et V15) avec des valeurs 0.05-0.01-0.03 $\mu\text{mol}/\text{mg}$ des protéines comparativement aux témoins 4.37;41.86;10.86 $\mu\text{mol}/\text{mg}$ des protéines. Pour la dose (9g/l). L'étude statistique montre qu'il n'ya des différences significatives entre trois variétés étudiées ($p \geq 0.05$).

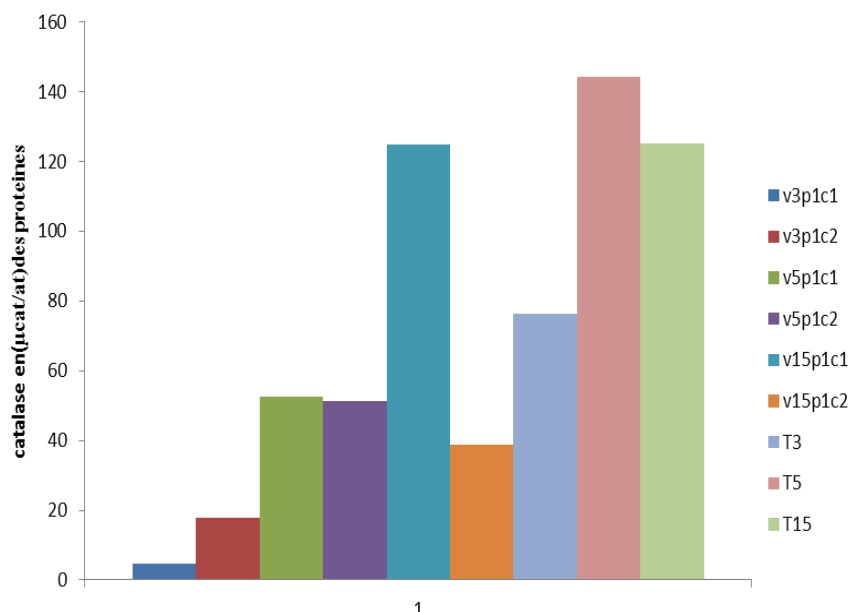


Figure32: l'effet du NaCl sur contenu des feuilles Le d'enzyme glutathion S – transférase (GST) en $\mu\text{mol}/\text{mg}$ des protéines.

• Discussion:

Diminution dans les trois variétés en l'effet NaCl dans les doses (6;9g/l). En plus de leur rôle de catalyseur la conjugaison des substrats électrophiles au glutathion (GSH), ces enzymes remplissent également une gamme d'autres fonctions. Ils ont des activités peroxydase et isomérase, ils peuvent inhiber le Jun Kinase N-terminale (protégeant ainsi les cellules contre l'induction de H_2O_2 mort cellulaire), et ils sont capables de se lier non catalytiquement à une gamme de ligands endogènes et exogènes (SHEEHAN et al., 2001). En revanche, la salinité a entraîné une faible activité de cette enzyme chez les variétés. Des résultats similaires ont été signalés de (Lycoskoufis et al., 2005), (Navarro et al., 2010).

4. Résultats des paramètres biochimiques des grains:

4.1.Dosage de sucres solubles:

Le contenu en sucres solubles extrait a partir des grains est mentionné dans la figure (33).l'observation de ces résultats montrent clairement que la concentration (6g/l)de NaCl a exercé une augmentation de ce contenu chez les trois variétés Blanca de junuin Santa maria et V15 avec des valeurs 249.7- 254.5- 267.5 μ g/g de Ms par rapport aux témoins respectivement avec valeur128.81;109.12;129.83 μ g/g de Ms.par contre ,la dose (9g/l) a enregistré une augmentation par les trois variété Blanca de junuin; Santa maria et V15avec une valeur 267.53;267.53;210.96 μ g/g de Ms par rapport le témoins128.81; 109.12; 129.12 μ g/g de Ms . l'analyse statistique montrent clairement exister différences significatives ($p \leq 0.05$).

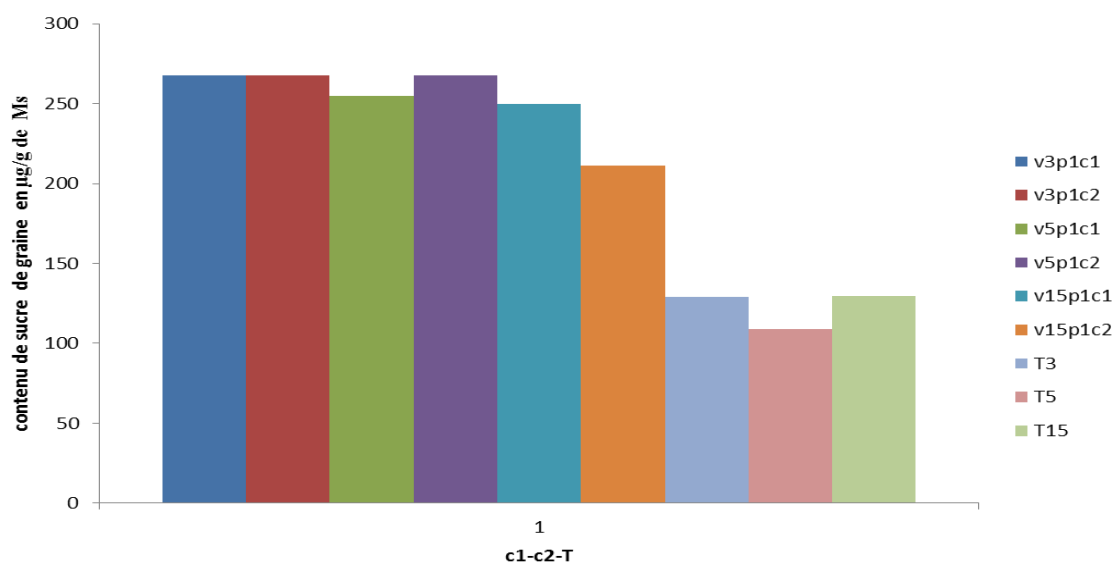


Figure33: l'effet du NaCl sur contenu des grains le sucre en μ g/g de Ms.

• Discussion:

Les stress salin augmente la teneur des sucres solubles des graines des trois variété de quinoa ces observations sont en accord avec celles de (Nawas et al.,2013) concluent que les concentration de sucres s'élèvent toujours après une exposition de la plante a la salinité .d'autre comme Wu et al 2013évoquent l'importance de ces accumulation des solutés organique (glucides soluble et insoluble de joues un rôle important dans l'augmentation de la pression osmotique interne. cette réaction de la plante a déjà été considérée comme une réponse au stress salin (Afzal et al .,2002) ,(jat and Sharma 2006).

4.2.Dosage de protéine totaux :

Le contenu protéine dans les grains est mentionné dans la figure (34).l'observation de ces résultats montrent clairement que la concentration (6g/l)de NaCl a exercé une diminution de ce paramètre chez les trois variétés Blanca de junuin; Santa maria et V15 avec des valeurs 15.2- 10.6- 10.5µg/g de Ms par rapport aux témoins respectivement avec valeur 162.56;160;240.48µg/g de Ms. la dose (9g/l)a enregistré aussi une diminution pour les trois variété Blanca de junuin Santa maria et V15avec des valeurs 12.8-11-10.9µg/g de Ms par rapport le témoins 162.56;160;240.48µg/g de Ms . l'analyse statistique montrent clairement exister différences significatives ($p \leq 0.05$).

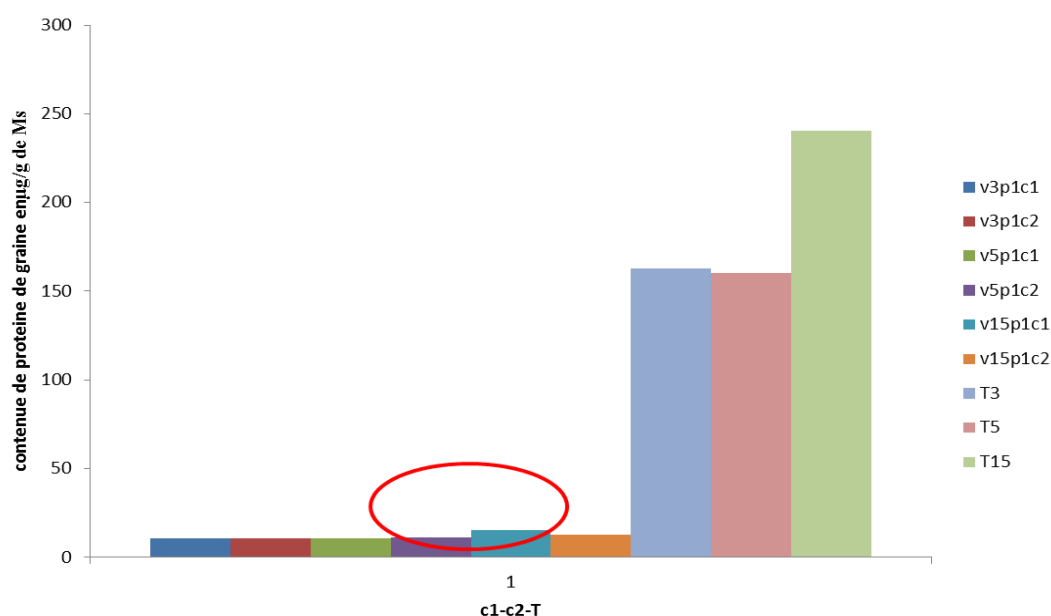


Figure34: l'effet du NaCl sur contenu des grains le proteine en µg/g de Ms.

• Discussion:

Des travaux indiquent une diminution de la teneur en protéine par le traitement avec des concentrations salines chez plusieurs espèce végétale, l'atriplex héliums L.(**Ouiza et al .,2010**) cette réduction est peut être attribuée a l'effet inhibiteur des ions accumulés tels que le sodium et le chlorure. Cependant. (**Shi et al .,2014**) explique que l'ASest implique dans synthèse d'une protéine particulière la kinase ,cette protéine joue un rôle importante dans la régulation et la différenciation de la division cellulaire.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle mondiale. Selon la FAO, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente. On distingue en général la salinisation primaire, liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité de mers ou d'océans, présence de dépôts de sels...), et la salinisation secondaire, dont le développement apparaît étroitement lié à l'irrigation. Cette dernière est le processus de dégradation de la qualité des sols le plus rapide dans les périmètres irrigués et particulièrement dans les zones arides et semi arides.

La salinité affecte la croissance des végétaux à travers de nombreux mécanismes du métabolisme cellulaire, tels que: l'absorption des éléments nutritifs, l'altération de la photosynthèse, la respiration, la synthèse des protéines et des acides nucléiques, l'accumulation des solutés organiques, l'activité des enzymes, l'équilibre hormonal et la disponibilité en eau.

En conséquence à un stress salin les plantes produisent des espèces réactives à l'oxygène ROS. En effet, les structures cellulaires sont menacées suite à la production de ces ROS. Cependant, les plantes disposent d'un système antioxydant enzymatique et non enzymatique pour neutraliser ces radicaux libres qui sont toxiques pour le métabolisme cellulaire. Mais au-delà d'une certaine limite et dans les cas extrêmes, le sel accélère la production des ROS qui dépassent alors la capacité du système antioxydant du métabolisme cellulaire. Chez les plantes supérieures, les enzymes antioxydants majeures pour la détoxification sont; la catalase (CAT), le glutathion sulfotransférase (GST) et le tripeptide glutathion.

Le travail réalisé dans cette mémoire, nous a permis d'avoir certains renseignements sur les différents effets du stress salin sur les paramètres morphologiques, physiologiques, biochimiques et également l'activité des enzymes du système antioxydant des trois variétés de quinoa étudiées (Blanca de junuin, santa maria, V15).

Dans les essais des paramètres morphologiques et du rendement (PMG), on a montré que la dose 9g/l a affecté ces paramètres pour les plantes de quinoa, par ailleurs, la dose 6g/l a induit une élévation de la longueur et du PMG chez la variété blanca de junin.

Les réactions physiologiques et biochimiques face à cette contrainte saline montrent que certaines variables telles que les pigments chlorophylliens (Chl a ; chl b ; Chl a+b ; et car), sucres solubles les protéines totaux et ont été modifiés et perturbés. Ces perturbations sont généralement des réponses directes au stress salin causé aux plantes. La modification de ces composantes permet de comprendre l'adaptation et le comportement du végétal dans les conditions salines et définir les critères de la tolérance au sel.

Les résultats obtenus montrent bien que les doses successives de NaCl provoquent des chutes prononcées des contenus de la plupart des pigments photosynthétiques.

Parallèlement, les teneurs en sucres solubles et protéines totaux des feuilles des plantes soumises au stress salin sont plus élevées par rapport aux témoins avec la dose 9g/l chez les deux variétés blanca de junin et V15. L'accumulation de ces composés peut en effet jouer un rôle dans l'osmorégulation des cellules en cas de déficit hydrique et permettre l'absorption hydrique dans des conditions hyper osmotiques.

Lors d'un stress salin ou hydrique, l'inhibition de la photosynthèse, et plus précisément la fuite d'électrons due à la diminution de la fixation du CO₂, entraîne une forte accumulation de ROS. L'activité de la catalase et de GST ont été diminuées d'une façon drastique lors du stress. On outre l'activité du GSH a été élevée avec les concentrations salines. L'inhibition de l'activité est fonction de la sévérité du stress. Ces résultats montrent que le stress a un effet négatif sur les activités des enzymes antioxydants.

D'une manière générale on a trouvé que les concentrations excessives de NaCl n'entraînent pas seulement des modifications morphologiques, physiologiques et biochimiques chez les trois génotypes de quinoa, mais elles ont aussi réduit d'une façon nette l'activité des enzymes antioxydants. A l'issue de ces résultats on peut dire que les trois variétés sont sensibles face au stress salin et les fortes doses salines qui provoquent des dégâts considérables et irréversibles sur la croissance des plantes de quinoa.

Referance bibliographique:

Ashraf M., 1994. Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) at three growth stages. Ann. Appl. Biol., 124:153-164.

Ashraf M., 1994. Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) at three growth stages.

Asloun H., 1990. Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia – Antipolis:24-32.

Aufhammer W., Czuczorova D., Kaul H.-P., Kruse M., 1998. Germination of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* x *A. hybridus*): Effects of seed quality, temperature, light.

BELKHODJA M., RIDAI Y., 2001-Reponse écophysiologicals de l'Atriplex aux.

Ben Ahmed H., Zid E., EL Gazzah C., Grignon C., 1996. Croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* L. Cahiers d'Agricultures, 5:367-372.

Ben Nacer M., Cheikh-M'hamed H., Maalem S., Rahmoune C., 2005. Les indicateurs précoces de la tolérance à la salinité en Collique Euro-méditerranéenne de Biologie Végétale et Environnement, Annaba 28-30.

Ben-Hayyim G., Vaadia Y., Williams B., 1989. Proteins associated with salt adaptation in citrus and tomato cells. Involvement of 26KD polypeptides. plant physiology, 7:332-340.

Bohnert H.J., Jensen R.G., 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step. Aust. J. plant physiol. 23:661-666.

Boiffin J., Dürr C., Fleury A., Marin-Lafliche A., Maillet I., 1992. Analysis of the variability of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth during the early stages. I. Influence of various conditions of crop establishment. Agronomie. 12:515-525. Henson I.E.

Bonifacio A., Saravia Z., 1988. Siembra de quinua a nivel experimental. VI Congreso Internacional sobre cultivos andinos, Quito, Equateur. p. 83-85.

Bouteyre G. et Loyer J.Y., 1992. Sols salés, eaux saumâtres des régions arides tropicales et méditerranéennes, principaux faciès pour l'agriculture. ORSTOM, 69-80.

Calvet R., 2003. Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole : 511 P. étienne p 188-235.

DEL CASTILLO C., GREGORY M. ET WINKEL T ., 2008. Le Quinoa en Bolivie : une culture ancestrale devenue culture de rente "bio- équitable "Biotechnol . Agron .Soc Environ .,12(4):421-435.

FAO, 2014: (food and Agriculture Organization) , 2014 . Quinoa en algérie . p 16

FAOSTAT, 2007. Base de données statistiques de la FAO.

Förster H., Coffey M., Elwood H., Sogin M.L., 1990. Sequence analysis of the small subunit ribosomal RNAs of three zoospore fungi and implications for fungal evolution. Mycologia, 82.

Girard P., Prost J., Bassereau P., 2005. Passive or Active Fluctuations in Membranes Containing Proteins Phys. Rev. Lett. 94: 60-64.

Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology and Molecular Biology, 51: 463-499. hautes salinités au stade de la germination –séminaire national sur la problématique .

Heller F., Pusic E., Strauss G., Wilpert B., 1998. Organizational Participation: Myth and Reality, Oxford: Oxford University Press.

Hopkins W. G., 2003. Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.

IPTRID., 2006. Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation: 2-11.

Iyengar E. R. R., Reddy M.P., 1996. Photosynthesis in high salt tolerant plants. *In:* Pesserkali, M. (Ed.). Hand Book of Photosynthesis. Marshal Dekker. Baten Rose, USA: 56-65.

Jacobsen S.E., 1997. Temperature and light requirement for the germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*). In "European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research" (E. pesticides. European Journal of Agronomy. 8:127-135 Commission, ed.), Luxembourg. p. 87-102.

Jacobsen S.E., Jørgensen I., Stølen O. 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. Journal of Agricultural science. 122:47-52.<http://www.faostat.fao.org>.

Jensen C.R., Turner N.C., 1989. Leaf gas exchange and water relations of lupins and wheat. I. Shoot responses to soil water stress. Aust. J. Plant Physiol. 16:401-413.

Kaul H.P., Kubler E., Aufhammer W., 2002. Sowing date and crop density effects on grain amaranth and quinoa in south-west germany. In "VII Congress of the European Society for Agronomy".

l'Agriculture des zones arides. pp 105-114.

LEBON VALLET , 2008: Implantation du quinoa et simulation de sa culture sur l'Altipano bolivien . Thèse de doctorat , Agro Paris Tech , France.

LECLERC J.C., 1999 – Ecophysiologie végétale – publications de l'univ.saint

Levitt J., 1980. Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, 2: 365- 406.

Maillard J., 2001. Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International, 35p.

Maillard J., 2001. Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International, 35p.

Mujica A., Canahua A., 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow). In: Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú.

Rejili M., Vadel M A., Neffat P. M., 2006. Comportements germinatifs de deux populations .

Robert M., 1996. Le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed.

Rojas W ,Pinto.,Soto J.L.,2010.Distribucion geográfica y variabilidad genética de los granos Andinos: Avances , logros y experiencias desarrolladas en quinua , canahua y amaranto en Bolivia . Bioersivity International 2010. <http://www.proipa .org /index . php?>

Sigstad E.E., Prado F.E., 1999. A microcalorimetric study of *Chenopodium quinoa* Willd. Seed germination. Thermochimica Acta. 326:159-164.

Source : Souci , Fachmann , Kraut : La composition des aliments . 7ème édition , 2008 , Med Pharm Scientific . Publishers /Taylor & Francis , ISBN 978-3-8047-5038.

Sun N.Z., 1994. Inverse problems in groundwater modeling, Theory and applications of transport in porous media v.6,Dordrecht,Boston :Kluwer Academic,337p.

WINKEL.T , 2009.Le Quinoa : le succès bio équitable d'une plante ancestrale. actualité scientifique , 329:2.Académie des Sciences. Paris, Sciences de la Vie/ Life Sciences, 323:Ann. Appl. Biol., 124: 153-164.

