



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département: Productions végétales

القسم: إنتاج النبات

Spécialité : production et améliorations végétales

التخصص: إنتاج المحاصيل وتحسينها

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme D'Ingénieur D'Etat En Sciences Agronomiques

Présenté Par :

SERADOUNI Miassa

***THEME***

**Effet de la salinité sur le comportement de quelques populations  
D'arachide *Arachis hypogaea***

Soutenu Publiquement le 26 /10/2011

Devant le jury composé de :

Mémoire dirigé par :

Mme : KACI -BEN MOHAMED A, ENSA

Président (e) :

M : REGUIEG, L, ENSA

Examineurs :

M : OUNANE, SM ENSA

M : BEN CHALAL, K ENSA

Promotion 2006/2007

## **Dédicaces**

*Je dédie ce modeste travail à la mémoire de  
ma mère qu'elle repose en paix,*

*A mon père ma source de tendresse et de  
courage*

*A mes frères, mes sœurs, mes oncles, mes  
tantes et mes cousins.*

*A mes amis qui font mon équilibre, pour leur  
présence dans ma vie*

## Remerciements

*Tous mes remerciements vont d'abords à Mme A. KACI-BEN MOHAMED, pour avoir accepté de diriger ce travail, qu'elle trouve ici, l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect, pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa confiance et ses encouragements.*

*Mes sincères remerciements vont à Mr S.M. OUNANE Chef de département production végétale au niveau de l'école nationale supérieur agronomique de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être mon co-promoteur Je lui exprime ma profonde gratitude pour ces précieux conseils et son orientation.*

*Mes sincères remerciements vont à Mr L.REGUIEG enseignant au niveau du département production végétale au niveau de l'école nationale supérieur agronomique de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury. Qu'il trouve ici ma reconnaissance et mon respect les plus sincères.*

*Mes remerciements s'adressent particulièrement à Mr R. BEN CHALLAL enseignant au niveau du département production végétale à l'école nationale supérieur agronomique pour sa participation comme membre de jury. C'est avec sincérité que j'exprime ma gratitude et mon profond respect.*

*Mes profondes reconnaissances et gratitudes s'adressent tout particulièrement au personnel de la station d'expérimentation de l'école nationale supérieure agronomique pour leur disponibilité et mise à disposition du matériel jusqu'à l'achèvement de l'expérimentation.*

*Je remercie également Mme BEN HOUHOU du département botanique de l'école national supérieur agronomique pour ses conseils, son aide et sa gentillesse.*

*Je remercie aussi Mr Dj. MANSOURI du département génie rural de l'école national supérieur agronomique pour son aide, ses conseils et son orientation.*

*Je remercie Mr et Mme MEKLCHE, Mr HADJ MILOUD, Mme AKROUF, Mr et Mme AMIROUCHE et Mme BEN JAMA du département production végétale l'école national supérieur agronomique pour leur soutien, aide et conseils.*

*Il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à tous mes amis qui m'ont aidé pour le bon achèvement de ce travail.*

## Abstract

In North Africa more than 30% of water for irrigation are loaded with salt, which causes a reduction in the growth and yield of susceptible varieties. And where the search for plants adapted to high levels of salinity becomes imperative for agricultural production. Varietal selection requires knowledge of the mechanisms responsible for plant tolerance to salinity.

Our study is focused on a species *Arachis hypogaea*. So we used plants from six populations of this species with five of them are collected in Algeria Gardaia (Mansour et Metlili) Oued Souf, Adrar, Bechar and Caribbean population in two stages: vegetative and flowering under stress quads saline treatment.

To study the response of these populations, we conducted an assay of physiological parameters. Accumulation of soluble sugars and proline in the leaves and the synthesis of chlorophyll pigments in these two stages.

## Keywords:

Physiology - *Arachis hypogaea* - salt stress - chlorophyll - proline- Soluble sugars - tolerance.

## ملخص

أكثر من 30% من الأراضي في شمال أفريقيا معرضة للملوحة مما يؤدي إلى انخفاض في مردود المحاصيل لدى النباتات الحساسة للملوحة، مما يؤدي إلى ضرورة إيجاد أنواع من المحاصيل المضادة للملوحة وفهم الظواهر المساعدة على الصعيد الفيزيولوجي مع احتمال التراكيز المختلفة من الملوحة.

الهدف المتوخى من هذا العمل هو دراسة أثر تركيز مختلفة من الملوحة على عدة عائلات من الفول السوداني المجموعة والمتحصل عليها من مختلف أنحاء البلاد (ادرار، وادي سوف، غرداية، القالة) بالإضافة إلى نوعية محصل عليها من جزر الكريبي.

للحصول على المعلومات المرجوة من هذه الدراسة هو معايرة تراكيز السكريات، البروتينات (البرولين) ومركبات اليخضور داخل الورقة في مرحلتين مختلفتين من نمو الفول السوداني (مرحلة أنمو ومرحلة الازهار).  
الكلمات: فول سوداني، فيزيولوجية، بروتينات، سكريات، يخضور، ملوحة، إزهار.

## Résumé

Au Maghreb plus de 30% des eaux destinées à l'irrigation sont chargées en sel, ce qui engendre une réduction de la croissance et des rendements des variétés sensibles. Et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole. La sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance du végétal à la salinité.

Notre étude est portée sur une espèce *Arachis hypogaea*. Ainsi nous avons utilisé des plantes de six populations de cette espèce dont 5 d'entre elles sont collectées en Algérie Gardaia (mansoura et metlili) Oued Souf, Adrar, Bechar et une population des Antilles à deux stades : végétatif et floraison, soumises au stress salin par quartes traitements.

Pour étudier la réponse de ces populations, nous avons effectué un dosage des paramètres physiologiques. Accumulation des sucres solubles et de la proline dans les feuilles ainsi que la synthèse des pigments chlorophylliens durant ces deux stades de développement.

## Mots clés :

Physiologie – *Arachis hypogaea* – stress salin – chlorophylle – proline- Sucres solubles – tolérance.

## Table des matières

<b>Dédicaces</b>	
<b>Remerciements</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Liste des planches</b>	
<b>Introduction</b>	
<b>Partie I : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>2</b>
<b>Chapitre 1 : Origine de l'arachide.....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.1. Histoire et géographie.....</b>	<b>2</b>
<b>I.1.2. Génétique.....</b>	<b>2</b>
<b>I.2. Systématique et caractérisation de l'arachide.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.1. Systématique de l'arachide.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2.2. Caractérisation de l'arachide.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3. Morphologie de l'arachide.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.1. Système racinaire.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3.2. Système aérien.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.1. La tige.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.2. Les feuille.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.3. L'appareil reproducteur.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.4. Les fleurs.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.5 Le fruit.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2.6. La graine.....</b>	<b>6</b>
<b>I.4. Biologie de l'arachide.....</b>	<b>6</b>
<b>I.4.1. Germination.....</b>	<b>6</b>
<b>I.4.2. Dormance.....</b>	<b>6</b>
<b>I.4.3. Croissance et développement.....</b>	<b>6</b>

I.4.4. Floraison et fructification.....	7
I.5. Exigence de l'arachide.....	8
I.5.1. Exigences édaphiques.....	8
<u>I.5.1.1. Sol.....</u>	<u>8</u>
<u>I.5.1.2. PH.....</u>	<u>8</u>
I.5.2. Exigence climatique.....	8
<u>I.5.2.1. Température.....</u>	<u>8</u>
<u>I.5.2.2. Eclaircissement.....</u>	<u>9</u>
<u>I.5.2.3. Le régime hydrique.....</u>	<u>9</u>
I.6. Nutrition de l'arachide.....	9
CHAPITRE 2 : Effets de salinité et stress salin sur les plantes.....	10
II.1. Salinité des sols dans le monde et en Algérie.....	10
II.1.2. Distribution des sols salins dans le monde et en Algérie .....	10
II.1.3. La salinité des sols.....	11
II.1.4. Cause de la Salinisation des terres.....	11
<u>II.1.4.1. Salinisation primaire.....</u>	<u>11</u>
<u>II.1.4.2. Salinisation secondaire.....</u>	<u>11</u>
II.1.5. Salinité des eaux.....	12
II.1.6. Effet des sols salins sur la croissance.....	12
II.2. Effet de salinité et le stress salin sur les plantes.....	13
II.2.1. Effet osmotique.....	13
II.2.2. Effet nutritionnel.....	14
II.2.3. Effet toxique.....	14
II.2.4. Effet de la salinité sur la balance énergétique.....	14
II.2.4.1. La photosynthèse.....	14
II.2.4.2. La respiration.....	15
II.2.5. Effet de la salinité sur la croissance.....	15
II.2.6 Effets de la salinité sur le métabolisme des plantes.....	15
II.2.6.1. Métabolisme Azoté.....	15
II.2.6.2. Métabolisme Glucidique.....	16

II.2.6.3. Le Métabolisme Lipidique.....	17
II.2.7. Effet du stress salin sur d'autres métabolismes.....	17
II.3. Mécanisme de la tolérance des plantes.....	17
II.3.1. Ajustement osmotique.....	18
II.3.2. Exclusion ou inclusion des ions.....	18
II.3.3. Discrimination $K^+/Na^+$ .....	18
II.4. Les indicateurs pour la résistance des plantes au stress salin.....	19
II.4.1. Résistance au niveau cellulaire.....	19
II.4.2. Synthèse des protéines.....	19
II.4.2.1. Accumulation De Proline.....	19
II.4.3. Accumulation des sucres.....	20
II.4.4. Activité photosynthétique.....	21
II.4.5. Autres mécanismes.....	21
II.5. Les indicateurs liés à l'intégration des fonctions physiologiques.....	21
II.5.1. Germination et émergence.....	21
II.5.2. Croissance, développement et survie.....	21
II.6. CONCLUSION.....	22

## Matériel et méthodes

1. Objectif de L'essai.....	24
2. Matériel végétal.....	24
3. Conduite de L'essai.....	24
3.1. Préparation de la culture.....	24
3.2. Densité de semis.....	25
3.3. Doses de Salinité et D'irrigation.....	25
3.4. Dose d'irrigation.....	26
3.5. Dispositif Expérimental Adopté.....	26
4. Paramètres mesurés.....	27
4.1. Paramètres Physiologiques.....	27
4.1.1. Protocole expérimental pour l'accumulation des sucres solubles.....	27
4.1.2. Protocole expérimental pour l'accumulation de la proline.....	31
4.1.3. L'activité photosynthétique.....	34
5. Analyse statistique des données.....	35

## Résultats et discussions

<b>1. Résultats de l'analyse du sol.....</b>	<b>38</b>
<b>2. Résultats des paramètres physiologiques.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Stade développement.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1.1. Effet de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles.....</b>	<b>38</b>
2.1.1.1. Effet dose.....	38
2.1.1.2. Effet population.....	38
<b>2.1.2. Effet de la Salinité sur L'accumulation de la proline.....</b>	<b>39</b>
2.1.2.1. Effet dose.....	39
2.1.2.2. Effet population.....	40
<b>2.1.3. Effet de la salinité sur l'accumulation des pigments chlorophylliens.....</b>	<b>41</b>
<b>2.1.3.1. Chlorophylle a.....</b>	<b>41</b>
a) Effet dose.....	41
b) Effet population.....	41
<b>2.1.3.2. Chlorophylle b.....</b>	<b>42</b>
a) Effet dose.....	42
b) Effet population.....	43
<b>2.1.3.3. Chlorophylle a+b.....</b>	<b>43</b>
a) Effet dose.....	43
b) Effet population.....	44
<b>2.1.4. Effet de la salinité sur la synthèse des caroténoïdes.....</b>	<b>45</b>
a) Effet dose.....	45
b) Effet population.....	45
<b>2.1.4.1. Bilan 1.....</b>	<b>46</b>
<b>2.1.5. Effet de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles.....</b>	<b>46</b>
2.1.5.1. Effet dose.....	46
b) Effet population.....	47
<b>2.1.6. Effet de la salinité sur l'accumulation de la proline.....</b>	<b>48</b>
a) Effet dose.....	48
b) Effet population.....	48
<b>2.1.7. Effet de la salinité sur la synthèse des pigments chlorophylliens au stade floraison.....</b>	<b>49</b>
<b>2.1.7.1. Chlorophylle a.....</b>	<b>49</b>
a) Effet dose.....	49
b) Effet population.....	49
<b>2.1.7.2. Chlorophylle b.....</b>	<b>50</b>

a) Effet dose.....	50
b) Effet population.....	50
2.1.7.3. Chlorophylle a+b.....	51
a) Effet dose.....	51
b) Effet population.....	52
2.1.8. Caroténoïdes.....	53
a) Effet dose.....	53
b) Effet population.....	54
2.1.9. Bilan 2.....	54
a) Effet dose.....	54
b) Effet population.....	54
Conclusion et perspectives.....	56

**Annexes**

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Systématique de l'espèce <i>Arachis hypogaea</i> .....	3
<b>Tableau 2</b> : principales caractéristiques des sous espèces <i>Arachis hypogaea</i> .....	4
<b>Tableau 3</b> : Classification des eaux et leurs typologies.....	12
<b>Tableau 4</b> : Classification des sols salins et l'effet sur la croissance des plantes.....	13
<b>Tableau 5</b> : changement de la teneur des carbohydrates en réponse à la salinité.....	17
<b>Tableau 6</b> : effet de l'application exogène de la proline sur différentes espèces.....	20
<b>Tableau 7</b> : origine des populations et leur dénomination.....	24
<b>Tableau 8</b> : méthodes d'analyse du sol.....	25
<b>Tableau 9</b> : dose de salinité choisie pour l'expérimentation.....	26

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Extension de la culture d'arachide (Anonyme ; 2011).....	2
<b>Figure 2:</b> plant d'arachide au stade 3 feuilles (SERDOUNI M, 2007) .....	7
<b>Figure 3:</b> inflorescence de l'arachide (SERADOUNI M, 2007) .....	8
<b>Figure 4:</b> carte de distribution des sols salins et alcalins dans le monde .....	10
<b>Figure 5:</b> dispositions des pots et du dispositif expérimental (SERDOUNI M, 2007).....	27
<b>Figure 6:</b> plan du protocole expérimental .....	36
<b>Figure 7:</b> effet de la dose de salinité sur l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles au stade végétatif .....	38
<b>Figure 8:</b> effet des populations soumises au stress sur l'accumulation des sucres solubles au stade végétatif.....	39
<b>Figure 9:</b> effet de la dose sur l'accumulation de la proline au stade végétatif .....	40
<b>Figure 10:</b> effet des populations soumises au stress salin sur l'accumulation de la proline au stade végétatif.....	40
<b>Figure 11:</b> effet de la dose de salinité sur la synthèse de la chlorophylle a au stade végétatif .....	41
<b>Figure 12:</b> effet des populations soumises à la synthèse de la chlorophylle a au stade végétatif .....	42
<b>Figure 13:</b> effet de la dose de salinité sur la synthèse de la chlorophylle b au stade végétatif .....	42
<b>Figure 14:</b> effet de la population soumise au stress sur la synthèse de la chlorophylle b au stade végétatif.....	43
<b>Figure 15:</b> effet de la dose de salinité sur l'accumulation de la chlorophylle a+b au stade végétatif.....	44
<b>Figure 16:</b> effet des populations soumises au stress salin sur l'accumulation de la chlorophylle a+b au stade végétatif.....	44
<b>Figure 17:</b> effet de la dose sur l'accumulation des caroténoïdes au stade végétatif.....	45
<b>Figure 18:</b> effet des populations soumises au stress salin sur la synthèse des caroténoïdes au stade végétatif.....	46
<b>Figure 19:</b> effet de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles chez les plantes au stade floraison .....	47
<b>Figure 20:</b> effets des populations sur l'accumulation des sucres solubles chez les plants au stade floraison .....	47
<b>Figure 21:</b> effet de la dose sur l'accumulation de la proline chez les plants au stade floraison.....	48
<b>Figure 22:</b> effet de la population soumise au stress salin sur l'accumulation de la proline au stade floraison .....	48
<b>Figure 23:</b> effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle a au stade floraison .....	49
<b>Figure 24:</b> effet de la population soumise au stress salin sur la synthèse de la chlorophylle a au stade floraison .....	49
<b>Figure 25:</b> effet des doses de salinité sur la synthèse de la chlorophylle b au stade floraison .....	50
<b>Figure 26:</b> effet des populations soumises à la salinité sur la synthèse de la chlorophylle b au stade floraison .....	51
<b>Figure 27:</b> effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle a+b au stade floraison.....	52
<b>Figure 28:</b> effet des populations soumises au stress salin sur la synthèse de la chlorophylle a+b au stade floraison .....	53
<b>Figure 29:</b> effet de la salinité sur la synthèse des caroténoïdes au stade floraison .....	53
<b>Figure 30:</b> effet des populations soumises au stress salin sur les teneurs en caroténoïdes en stade de floraison.....	54

## Liste des abréviations

µg	Micro gramme
µM	Micro mol
Ab	Adrar bouda
Ant	Antille
BEO	Bechar el outa
C	Cavité
C°	Degré Celsius
Ch	Chlorophylle
Cm	Centimètre
DO	Densité optique
DOSE	Dose de salinité
ds	Decisiemens
EC	Électro conductivité
FAM	Famille
EOZ	El oued taghzout
FAO	Food Agriculture Alimentation
g	Gramme
Gman	Ghardaïa Mansoura
Gmet	Ghardaïa Metlili
jrs	Jours
kg	Kilogramme
l	Litre
MF	Matière fraîche
mg	Milli gramme
mm	Millimètre
Ms	Millisienmens
MVF	Matière végétale fraîche
nm	Nano mètre
SAR	Sodium absorption ratio

# **Introduction générale**

## **Introduction**

En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètre de grandes cultures ou la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole. La sélection variétale, nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance à la salinité. (ARBAOUI et al ; 2000).

Dans beaucoup de cas, les stress abiotiques ne se produisent pas indépendamment, et donc les stress environnementaux peuvent impliquer ainsi un complexe d'interaction de facteurs de stress (AMANE et al ; 1999)

L'effet négatif de la forte salinité peut être observé au niveau de toute la plante comme la mort de la plante et / ou la diminution de la productivité. Beaucoup de plantes développent des mécanismes soit pour exclure le sel de leurs cellules ou pour tolérer sa présence dans la cellule. (PARIDA et DAS, 2005)

L'arachide *Arachis hypogea* par la voie de sa propagation à travers le monde s'est adaptée à plusieurs types de sols d'eaux et de climats. En Algérie plusieurs populations sont distinguées au nord comme au sud dans des conditions de stress salin et hydrique extrême.

Ce présent travail a pour objectif d'étudier la réponse de plusieurs populations d'arachides *Arachis hypogea* récoltées dans plusieurs régions en Algérie du nord à El KALA jusqu'à OUED SOUF et GARDAIA au sud soumise à un stress salin a différente concentration. Pour mettre en évidence la réponse de ces populations nous avons procéder au dosage des paramètres physiologiques et biochimiques de la plante à savoir l'accumulation des protéines et des sucres ainsi que les pigments chlorophylliens.

Notre mémoire est structuré comme suit :

1<sup>er</sup> partie synthèse bibliographique qui comporte

Chapitre 1 est consacré à l'espèce *Arachis hypogea*,

Chapitre 2 sur la salinité et l'effet du stress salin sur les plantes ;

La 2ème partie matériels et méthodes

La 3ème partie résultats et discussion

Et enfin conclusion et perspectives

**Partie I :**  
**Synthèse bibliographique**

## Partie I : Synthèse bibliographique.

### Chapitre 1 : Origine de l'arachide.

#### I.1.1. Histoire et géographie

Les rapports d'explorateurs et naturalistes du XVI<sup>e</sup> siècle, affirment que l'origine de l'arachide, est le bassin amazonien, où des échantillons archéologiques ont été découverts dans des tombes péruviennes datant de (1500-1200Av.JC). Les prospections ont permis de recueillir environ soixante-dix (70) espèces, du nord de l'Argentine jusqu'au Mexique et caraïbes et à l'ouest du Pérou jusqu'à la côte est du Brésil, où elles étaient cultivées.

Avec l'arrivée des explorateurs, la culture d'arachide, a connu un développement géographique important, ou sa dissémination s'est faite comme suit :

- ✓ Vers l'extrême Orient en provenance des côtes péruviennes.
- ✓ Vers l'Afrique de l'ouest à partir des côtes brésiliennes, puis de l'Afrique vers l'Amérique du nord.

Par la voie des navigateurs espagnols et portugais, l'arachide a pu s'introduire au Mexique à l'époque précolombienne.

La commercialisation de l'arachide et son exportation, a été en premier lieu vers la Grande Bretagne et les Etats unis en 1835 provenant de la Gambie et en 1840 du Sénégal vers la France (GILLIER et SILVESTRE, 1969; SCHILLING, 1996).

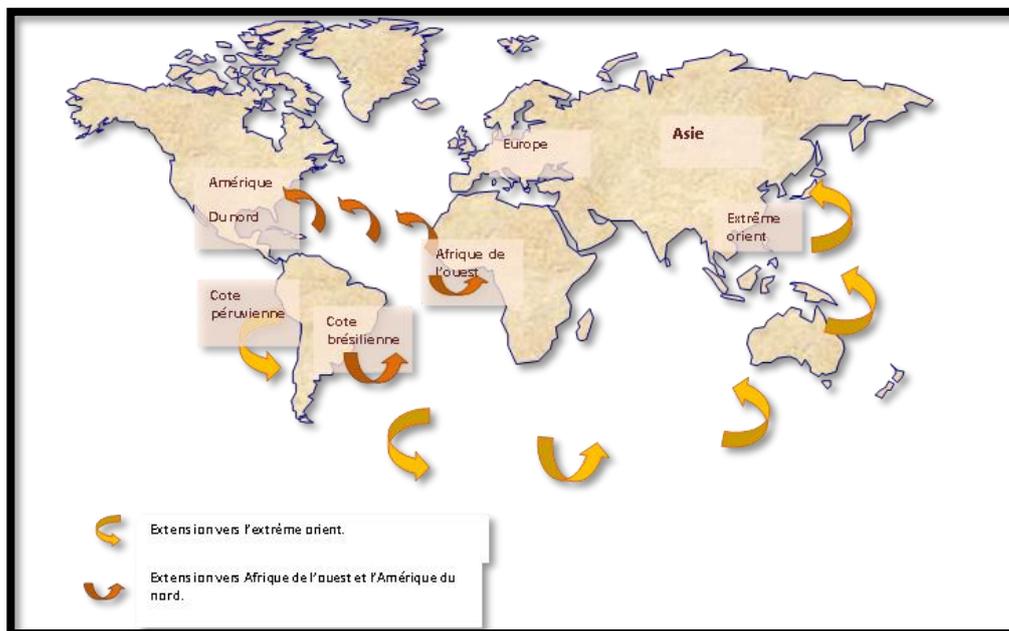


Figure 1: Extension de la culture d'arachide (Anonyme ; 2011)

#### I.1.2. Génétique

L'arachide est une espèce diploïde  $2n=2X=20$  chromosomes, et on détermine deux espèces tétraploïde à  $2n=4X=40$  chromosomes qui sont *Arachis hypogaea* et sa forme sauvage *Arachis monticola*. Ces deux dernières, sont les formes cultivées de l'arachide.

Plusieurs ancêtres de l'arachide ont été proposés tel que :

- ✓ Hybridation entre espèces sauvages diploïdes *Arachis batizocai* et *Arachis cardensii* stabilisée par doublement spontané du nombre chromosomique. (TETENTE et DEMOL 2003)
- ✓ Une affinité avec des espèces annuelles diploïdes telles que *Arachis batizocae* et *Arachis duranensis*. (DEMOL, 2003)
- ✓ Un ancêtre probable tétraploïde qui est *Arachis monticola*. (CLAVEL et GAUTREAU, 1997)

## I.2. Systématique et caractérisation de l'arachide

### I.2.1. Systématique de l'arachide :

La systématique de l'espèce *Arachis hypogaea* est représentée dans le tableau 1

Le genre *Arachis* est représenté par quinze (15) espèces, dont douze (12) vivaces et trois (3) annuelles. Parmi les espèces annuelles, seul *Arachis hypogaea* est répandue en culture. (BEZPALY, 1984)

**Tableau 1 : Systématique de l'espèce *Arachis hypogaea***

règne	végétale	
sous règne	Eucaryote	
Section	Cormophyte	
Embranchement	Spermaphyte	
Sous embranchement	Angiosperme	
Class	Dicotylédones	
Sous class	Dialypétale	
Ordre	Légumineuse fabacées	
Famille	Papilionacées	
Genre	Arachis	
Espèce	Arachis hypogaea	
Sous espèce	Hypogaea	Fastigiata
Variété	Hypogaea Histuca	Fastigiata vulgaris

(SCHILLING, 2003)

## I.2.2. Caractérisation de l'arachide

L'arachide comprend plusieurs espèces, pour lesquelles il y a lieu de faire une caractérisation basée sur des critères de classification morphologique tels que cités dans le tableau 2

**Tableau 2 : principales caractéristiques des sous espèces *Arachis hypogaea***

Genre	Arachis		
Espèce	Hypogaea		
Sous espèce	Hypogaea	Fastigiata	
Variété	Hypogaea	Vulgaris	Fastigiata
Type	Virginia	Spanish	Valencia
Port	Rampant ou érigé	Erigé	Erigé
Ramification	Alterne	Séquentielle	Séquentielle
Fleurs sur tige principale	Non	Oui	Oui
Couleurs feuillage	Vert foncé	Vert clair	Vert clair
Cycle	110-160j	85-110j	
Dormance	Oui	Non	Non
Gousses (cavité)	Les graines sont de dimensions variables et contiennent 1 à 3 graines avec une majorité des gousses de 2 à 3 graines selon les variétés	Les semences sont petites contenant 2 à 3 graines	

(GILLIER et SILVESTRE ; 1969, SCHILLING, 2003)

## I.3. Morphologie de l'arachide

### I.3.1. Système racinaire

Il est formé d'un pivot central, qui peut s'enfoncer à plus de 1.3m dans les sols cultivés. Les racines latérales, prennent naissance à diverses hauteurs de ce pivot.

Le système racinaire présente des formations ligneuses et également des nodules, qui se manifestent quinze (15) jours après la levée et apparaissent essentiellement sur les quinze premiers centimètres du sol. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)

### **I.3.2. Système aérien**

#### **I.3.2.1. La tige :**

L'arachide est une plante annuelle d'une hauteur de 30 à 70 centimètres, comportant une tige principale érigée et des rameaux latéraux parfois rampants en fonction du type et de la variété.

Les ramifications de l'arachide sont décrites comme étant des ramifications herbacées de section anguleuse dans leurs jeunes âges. Elles deviennent cylindriques en vieillissant. La moelle centrale disparaît avec le temps et les tiges âgées sont creuses. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)

#### **I.3.2.2. Les feuille :**

Les feuilles selon (GILLIER et SILVESTRE, 1969), sont en général pennées avec deux paires de folioles portées sur des sub-sessiles opposées, de formes plus ou moins elliptiques, de couleurs vertes plus ou moins foncées, ou plus au moins jaunes selon les variétés.

Les feuilles ont une position diurne et une position nocturne. Le soir, les folioles se rapprochent, mettant en contact leurs surfaces supérieures. (MATALAH, 1987)

#### **I.3.2.3. L'appareil reproducteur**

✓ L'inflorescence :

Les fleurs qui prennent naissance à l'aisselle d'une feuille complète ou rudimentaire composent une inflorescence de 2 à 5 fleurs où leur épanouissement simultané est limité à une ou deux par inflorescence. (DEMOL et all, 2002)

#### **I.3.2.4. Les fleurs :**

Il existe deux sortes de fleurs (aériennes et souterraines). Les souterraines sont fertiles et ne se distinguent des fleurs aériennes que par leurs sépales blanches et pétales fripées. Par contre les fleurs aériennes, sont de couleur jaunâtre, papilionacées, sessiles et présentent les caractéristiques suivantes :

- Un long tube calceol terminé par cinq (05) tubes dont quatre (04) sont soudés,
- Des pétales,
- Des étamines insérées au sommet du tube calceol, étamine au nombre de dix (10), réunies sur une partie de leur longueur pour former un tube (les longues et courtes étamines s'alternent),
- Un ovaire sessile contenant une à six (01-06) loges filiformes terminé par un petit stigmate. (CLAVEL et GAUTREAU, 1997 ; DEMOL et all, 2002)

#### **I.3.2.5 Le fruit :**

Après la fécondation, la base de l'ovaire s'allonge, pour donner naissance à un organe appelé gynophore, qui peut atteindre quinze centimètres (15 cm) de long. Sous l'effet du géotropisme positif, le gynophore s'enfonce dans le sol ou à l'extrémité la gousse se développe horizontalement. La formation des gousses et leurs contenances sont différentes en fonction des variétés (GILLIER et SILVESTRE, 1969; CLAVEL et GAUTREAU, 1997) :

✓ Les Virginia :

Ont des gousses contenant une à trois (01-03) graines, une réticulation nette formant un réseau et un étranglement marqué appelé la ceinture.

✓ Les Spanish :

Leurs gousses, contiennent deux à trois graines de petite taille.

✓ Les Valencia :

On y trouve trois à six graines (03-06) avec une ceinture peu marquée. (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; CLAVEL et GAUTREAU, 1997)

### **I.3.2.6. La graine :**

La graine d'arachide, se compose d'un tégument séminal de différentes colorations allant du blanc, rouge, rose jusqu'au violacée ou même noire, de deux cotylédons, un embryon dont l'axe y est droit. Ce dernier est un pro plantule à un épi cotyle à trois bourgeons contenant les ébauches des six à huit premières feuilles et une radicule robuste.

La forme et la dimension varient en fonction des variétés. Le poids varie entre 0.2 à 2 grammes. La forme peut aller du sphérique, elliptique à une forme peu allongé, avec une zone aplatie dans la partie de contact avec la graine voisine. (GILLIER et SILVESTRE, 1969; CLAVEL et GAUTREAU, 1997)

## **I.4. Biologie de l'arachide :**

### **I.4.1. Germination :**

Afin de conserver la faculté germinative des graines d'arachides, un taux d'humidité inférieur ou égale à 8% est exigé dans le cas de stockage en température ambiante. Il faudra apporter une quantité importante d'eau pour que la graine d'arachide puisse entamer une germination dépendante de sa grosseur. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)

### **I.4.2. Dormance :**

La période de dormance, varie en fonction des variétés. Elle peut aller de un à quatre mois chez les Virginia, et immédiate à maturité chez les Spanish et les valencia. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)

### **I.4.3. Croissance et développement :**

La croissance de l'arachide, connaît une corrélation positive entre le développement de la plante et la température, car plus la température augmente plus le développement de la plante augmente. Ce dernier est marqué par deux périodes une première au moment des premières apparitions des fleurs et une seconde lorsque la plante porte plusieurs gynophores. Après ces deux points de repères, la croissance des rameaux, que ce soit les cotylédonaires ou les principaux s'accroît. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)



Figure 2: plant d'arachide au stade 3 feuilles (SERDOUNI M, 2007)

#### I.4.4. Floraison et fructification :

La période de floraison varie selon les variétés et les conditions climatiques ; de quinze à vingt-cinq jours après semis sur les tropiques chauds et quarante à cinquante jours dans les régions tempérées,

Lorsque les conditions climatiques sont favorables, la floraison est généralisée et le nombre de fleurs atteint est maximal entre le quarantième et soixantième jours après le semis et décroît régulièrement.

La quantité de fleurs varie selon les groupes : 600 à 700 fleurs pour les spanish et 1000 fleurs pour les virginia.

L'arachide est une plante strictement autogame due à la fécondation nocturne et à la cleïstogamie des fleurs, mais cela n'exclue pas un taux d'allogame qui varie en fonction des variétés et des aires de culture.

En générale les fleurs formées durant les premières semaines de floraison ont un plus grand potentiel de production de gynophore et de fruit que les dernières fleurs.

Le gynophore se dirige vers le sol et pénètre à une profondeur qui peut aller jusqu'à quinze centimètres. En l'absence de lumière et avec un certain taux d'humidité la future gousse prend une position horizontale et se forme rapidement. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)



**Figure 3: inflorescence de l'arachide (SERADOUNI M, 2007)**

### **I.5. Exigence de l'arachide :**

Comme toute espèce, l'arachide a des exigences pour se développer et cela, malgré sa plasticité vis-à-vis de certaines conditions édapho- climatiques et abiotiques.

#### **I.5.1. Exigences édaphiques :**

**I.5.1.1. Sol** : l'arachide exige un sol bien drainant, ayant une bonne condition d'aération afin d'augmenter la germination et optimiser les échanges respiratoires, lors de la formation des gousses. Ces caractéristiques vont permettre une pénétration facile des gynophores dans le sol, et un arrachage aisé de la récolte.

Ces conditions, imposent un sol à structure légère, meuble et perméable tout en évitant les sols argileux, bien qu'ils soient producteurs. (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; SCHILLIG, 1997)

#### **I.5.1.2. PH** :

L'arachide, se développe dans un sol à pH compris entre 4 et 8 et s'optimise dans un pH allant de 4 à 5. (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; SCHILLIG, 1997)

### **I.5.2. Exigence climatique :**

#### **I.5.2.1. Température** :

D'une manière générale, les températures optimales pour le développement de l'arachide, sont comprises entre 25 et 35°C. Par contre, les températures extrêmes inférieures ou égales à 15°C inhibent la germination. A 45°C la croissance ralentit.

Le développement est entravé lorsque les températures nocturnes sont inférieures à 15°C et les écarts diurnes, sont de plus de 20°C, ce qui provoque un rallongement du cycle. (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; SCHILLIG, 1997)

### **I.5.2.2. Eclairage :**

L'arachide est réputée peu sensible à la photopériode, et les jours longs semblent avoir un effet positif sur le développement de la culture. L'éclairage a un effet néfaste lorsque la durée d'ensoleillement est longue et associée à de fortes températures nocturnes. (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; SCHILLIG, 1997)

### **I.5.2.3. Le régime hydrique :**

L'arachide est connue pour sa résistance à la sécheresse surtout lors du développement végétatif. Elle ne nécessite pas une grande quantité d'eau, contrairement aux stades floraison et fructification. Une pluviométrie comprise entre 500 et 1000mm permet généralement de conduire avec succès une culture d'arachides (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; SCHILLIG, 1997)

## **I.6. Nutrition de l'arachide :**

Les besoins de la culture d'arachides sont prédominés par les éléments fertilisants et oligoéléments. Les plus importants sont : l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le soufre, le molybdène et le bore.

Une fertilisation bien conduite en phosphore P et potassium K, associée à un apport en chaux CaCO<sub>3</sub>, augmente la fixation symbiotique jusqu'à 70% de ses besoins en azote atmosphérique et agit sur le remplissage des gousses. Par contre, un manque en calcium, diminue la fertilité des fleurs et rend la coque, fragile.

Le phosphore active la croissance, hâte la maturité et le potassium améliore les conditions phytosanitaires, mais son manque provoque une abondance de gousses mono graines.

De plus, la présence des oligoéléments représentés par le bore et le molybdène, augmente le poids des nodosités ce qui améliore le développement de l'arachide. Le bore, prévient les accidents de fécondation et améliore la qualité des graines. (GILLIER et SILVESTRE, 1969 ; SCHILLING, 1997)

### **I.6.1. Besoins en eau :**

En fonction du mode d'irrigation, on retient comme moyenne pour une culture d'arachides une quantité de 4000 à 6000 mètres cubes par hectare, en cas d'irrigation par aspersion et 6000 à 10 000 mètres cubes par hectare, lorsque l'irrigation est gravitaire à la raie. (GILLIER et SILVESTRE, 1969)

## CHAPITRE 2 : Effets de salinité et stress salin sur les plantes

### II.1. Salinité des sols dans le monde et en Algérie

#### II.1.2. Distribution des sols salins dans le monde et en Algérie

Un des processus majeurs de perte des terres dans le monde est la salinisation, car on estime qu'il y'a une perte de 3 ha de terre agricole par minute à travers le monde. Sa distribution est généralement située dans les zones semi arides et aride ce qui met l'Algérie dans le rayon proche de ce phénomène c'est pourquoi ce chapitre expliquera brièvement les causes et les effets de la salinité.

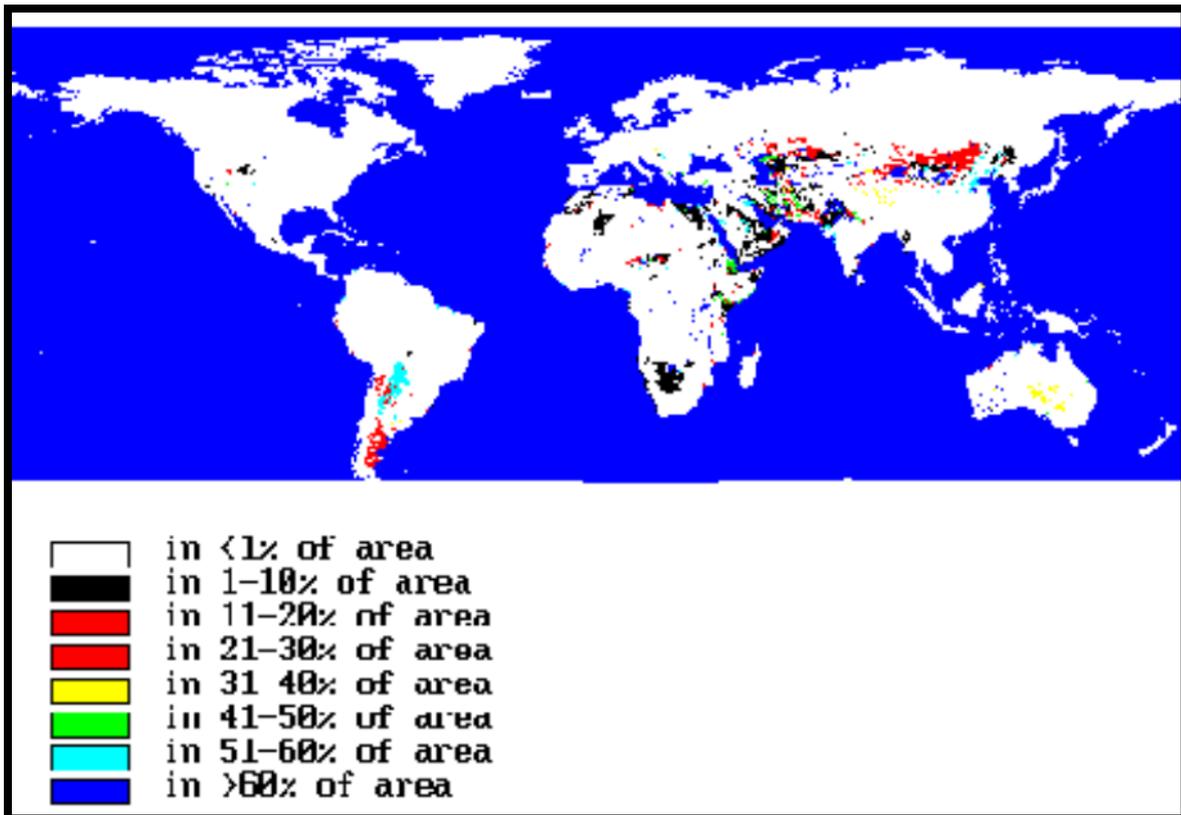


Figure 4: carte de distribution des sols salins et alcalins dans le monde

FAO réseau mondial sur la gestion intégrée,

Des sols pour l'utilisation durable de sel et des sols affectés

La figure 4 montre la distribution géographique des sols salins et alcalins dans le monde, où les sols salin dominant dans les régions arides et semi-arides. Les sols alcalins se trouvent principalement dans les régions semi-arides et sub- humides, mais aussi dans les plaines fertiles alluviales, les vallées des rivières ainsi que les régions côtières. (PASSERKALI, 1999)

Dans le monde l'Australie occupe la 1ère place en matière de superficie affecté par la salinité avec une superficie de 357,3 million d'hectares suivie de l'Asie centrale et l'Asie du nord et du sud, l'Afrique occupe la 4ème place avec un total de superficie affectées de 87,6 million d'hectares et suivie par l'Amérique du sud, l'Europe et l'Amérique du nord. (HAMDY et Al, 1995 in SNOUSSI, 2000)

En Algérie les sols salés occupent de grandes superficies, on les retrouve d'Est en Ouest des hautes plaines de Sétif et Constantine, les basses plaines d'Oranie et dans les hauts plateaux en zones sahariennes, (AUBERT ; 1976) ce qui représente une superficie de 1.096.731 ha de sol salés cartographiés en Algérie. (CHABANE et BENREDA ; 1997)

Selon SNOUSSI, la salure des sols algériens est d'origine sédimentaire dont deux types peuvent être reconnus :

- ✓ La salure de la région tellienne et des plaines steppiques où l'élément toxique est le chlorure de sodium NaCl ou le chlorure de magnésium MgCl<sub>2</sub> ou en association nommés le salant blanc.
- ✓ La salure des vallées et dépressions sahariennes où le climat est chaud, ce qui favorise l'apparition du carbonate de soude intitulé salant noir.

### II.1.3. La salinité des sols

Les caractéristiques chimiques des sols salins sont les suivantes :

- ✓ Les éléments dominants sont les sels solubles neutres, principalement des chlorures et des sulfates de sodium, de calcium et de magnésium.
- ✓ Le pH du sol est généralement inférieur à 8,2.
- ✓ Une électro – conductivité de plus de 4 dS/m est généralement une limite acceptable au-delà de laquelle les sols sont classifiés comme salins.

Il n'y a généralement pas de relation bien définie entre le pH du sol et le pourcentage de sodium échangeable ou le SAR (Sodium absorption ratio).

Le SAR est calculé comme suit :

$$\text{SAR} = [\text{Na}^+] / [\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}]^{1/2} \quad (\text{Cramer}, 2002)$$

Bien que le sodium soit généralement le cation dominant, la solution du sol contient également des quantités non négligeables de cations divalents tels que le calcium (Ca<sup>2+</sup>) et le magnésium (Mg<sup>2+</sup>).

Le sol peut contenir des quantités significatives mais modérées de composé calcique soluble tel que le gypse (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O) par exemple.

### II.1.4. Cause de la Salinisation des terres :

Les sols deviennent impropres à toutes cultures suite à une accumulation excessive des sels solubles dans les sols dus aux conditions favorables telles que la forte évaporation, le faible lessivage dû aux faibles précipitations. La salinisation se manifeste par ces deux voies primaires et secondaires.

**II.1.4.1. Salinisation primaire** : 80% des terres salinisées ont une origine naturelle due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes.

**II.1.4.2. Salinisation secondaire** : l'enrichissement du sol en sels solubles dû à l'approvisionnement des sols en eau d'irrigation formant un sol salin par l'accumulation de sel solubles à la surface du sol qui ont des effets négatifs sur la croissance des plantes, la salinisation secondaire peut être due aussi par les remontées capillaires des eaux souterraines salines ou résulter d'une irrigation avec une eau saline. (IPTRID ; 2006)

### II.1.5. Salinité des eaux :

Le terme de salinité se réfère à la concentration totale des ions non-organiques principaux (tel que Na, Ca, Mg, K, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, et Cl) dissoute dans l'eau d'irrigation et de drainage souterraine.

La concentration individuelle de ces anions et cations pour un volume d'eau donné peut se faire sur une base soit chimique (en m mol/l) soit massique (en mg/l). La concentration totale en sel (la salinité) peut alors s'exprimer soit en terme de somme des anions ou des cations en m mol/l ou de la somme des anions et des cations en mg/l, On parle de « Total Sels Dissous ou Total Dissolved Salts » ou TDS.

**Un index pratique de mesure de la salinité est l'électro conductivité (EC) exprimée en deciSiemens par mètre (dS/m). Une relation (approximative car il faudrait en fait tenir compte de la composition ionique spécifique établie que**

$$1 \text{ dS/m} = 10 \text{ m mol/l} = 700 \text{ mg/l.}$$

L'électro conductivité est toujours établie à une température de 25°C ce qui rend les comparaisons possibles sous différents climats. (GHASSEMI et all ; 1995)

**Tableau 3 : Classification des eaux et leurs typologies**

Classe	EC en dS/m	Concentration en sels, totale en mg/l	Type d'eau
Non saline	<0,7	<500	Eau potable et irrigable
Légèrement saline	0,7 - 2	500 - 1500	Eau d'irrigation
Modérément saline	2 - 10	1500 - 7000	Première eau de drainage et eau souterraine
Très saline	10 - 25	7000 - 15 000	Seconde eau de drainage et eau souterraine
Très fortement saline	25 - 45	15 000 - 35 000	Eau souterraine très salée
Saumure	>45	>45 000	Eau de mer

(J.D. RHOADES et all 1992)

### II.1.6. Effet des sols salins sur la croissance :

La croissance des plantes est affectée par l'action des sels solubles sur la pression osmotique de la solution du sol résultant de la diminution de la disponibilité en eau. La croissance des plantes est affectée par l'action de la dispersion du sodium échangeable dégradant les propriétés physiques du sol. Toxicité des ions tels que les ions Na, Cl, B, etc, a un le pH élève du sol causant des déséquilibres nutritionnels incluant notamment une déficience en Calcium. (ABROL I.P. et all 1988)

## II.2. Effet de salinité et le stress salin sur les plantes :

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  causent le stress salin. On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée.

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. (Wang et Nil, 2000)

Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate. (Mohammad et all, 1998)

Un autre signe visible de la salinité est le manque de réponse des plantes à l'application des fertilisants. Ce qui induit une perte considérable de ressources financière lors de la mise en valeur des terrains salin par les agriculteurs car la salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité. Le tableau 4 représente la classification des sols salins et l'effet sur la croissance des plantes.

**Tableau 4 : Classification des sols salins et l'effet sur la croissance des plantes**

Classe	Conductivité de l'extrait de sol saturé (dS/m)	Effet sur la croissance des plantes
Non salins	0-2	Effets de la salinité négligeables
Légèrement salins	2-4	La production de certaines plantes sensibles peut être affectée (ex : tomate, haricot...)
Modérément salins	4-8	La production de la plupart des plantes est restreinte
Fortement salins	8-16	Seules les plantes tolérantes au sel produisent de façon satisfaisante (ex : asperge)
Très fortement salins	>16	Seul un très petit nombre de plantes tolérantes au sel produisent de façon satisfaisante

( ABROL I.P. et AL 1988)

### II.2.1. Effet osmotique :

L'effet osmotique est la diminution de la disponibilité de l'eau pour la plante due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol. (AYER et WESTCOT, 1984)

Pour la luzerne et le maïs, la diminution du rendement est plus ou moins proportionnelle à la diminution du potentiel hydrique du sol, et cette diminution dépend en premier lieu de la concentration totale en sel dissous.

En général, la salinité a tendance à être plus nuisible par temps chaud et sec que par temps frais et humide. (AUBERT, 1978)

### **II.2.2. Effet nutritionnel :**

Il se manifeste par un déséquilibre nutritionnel et une réduction de l'absorption des éléments nutritifs. Ainsi, sous des conditions de stress salin due à un excès de Na<sup>+</sup> dans le sol, les plantes absorbent de grandes quantités de cet élément mais l'absorption de K<sup>+</sup> et Ca<sup>++</sup> diminue considérablement. Il faut noter que des quantités raisonnables de K<sup>+</sup> et Ca<sup>+</sup> sont indispensables pour le maintien de l'intégrité et du fonctionnement de la membrane cellulaire. (WYN JONES et LUNT 1967 ; MARCHNER, 1995 ; DAVENPORT et al, 1997 ; WENXUE et al ; 2003)

### **II.2.3. Effet toxique :**

En plus du déséquilibre nutritionnel, la salinité peut causer des effets toxiques. Ces derniers peuvent se produire directement sur la membrane plasmique lorsque la plante accumule en excès un ou plusieurs ions, notamment le Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup>. (HISIAO, 1976 ; LEVITT, 1980 ; CRAMER et al, 1985 ; LAUCHLI, 1990 ; MANSOUR, 1997)

Les effets toxiques en sel sont associés aux effets osmotiques (YEO et al 1982) et peuvent causer des altérations des mécanismes de transport et de sélectivité d'un ion par rapport à un autre (ex : Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>) qui induisent des déficiences ou des excès des ions dans la plante. (MARSCHNER 1995 ; DAVENPORT et al, 1997 ; WENXUE et al ; 2003)

### **II.2.4. Effet de la salinité sur la balance énergétique**

Pour que la plante puisse se maintenir en état de stress, elle se trouve en état de dépenser de l'énergie, cette dernière est utilisée dans les divers processus d'osmo-régulation pour maintenir sa turgescence, sinon elle se déshydrate et meurt. (BERISTEIN, 1963)

RAIN(1972) montre en conditions normales, l'efficacité d'utilisation de l'énergie transformée en biomasse qui est de l'ordre de 30 à 40% pour une plante de luzerne in vitro.

En conditions de stress Salin, cette efficacité est de 18% et de 0% respectivement pour des niveaux de salinités de 0,5 et 1% (pour un génotype sensible). Cette énergie consommée pour l'ajustement osmotique se fait au détriment de l'énergie nécessaire pour le maintien de l'activité métabolique de la plante, principalement la photosynthèse et la respiration.

#### **II.2.4.1. La photosynthèse**

La salinité réduit les taux de photosynthèse suite à la réduction du taux de chlorophylle et des caroténoïdes au niveau des feuilles. Les feuilles les plus âgées finissent par développer une chlorose et tombent durant une période prolongée de stress salin (LAKSHMI et al 1996 ; AGASTIN et al 2000; TEZARA et al ; GIBBERD et al ; BURMAN et al 2003). Selon TERRY et WALDROW (1984), la photosynthèse par unité de surface foliaire n'est pas affectée à des concentrations en NaCl inférieur à 200 et 300 moles/m<sup>3</sup>. Par contre, la production totale de la matière sèche et de la surface foliaire totale est réduite même à des niveaux de 25 moles/m<sup>3</sup> de NaCl.

Chez grevilea la protochlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle, la chlorophylle est plus importante que celle de la chlorophylle a et les caroténoïdes. (KENNEDY et DE FILLIPPIS, 1999 INPARIDA ET DAS, 2005)

(MUTHUKUMARASAMY ET PANEERSELVAM, 1992, PRAKASH, 1980) Notent aussi pour l'arachide une diminution des teneurs en chlorophylle suite à son exposition à un stress Salin.

Cette réduction est d'autant plus importante, lorsque les plantes sont soumises à des niveaux plus élevés de NaCl. Par conséquent, la réduction de la surface foliaire se répercute sur le bilan énergétique photo synthétisé par la plante.

Par contre en 2000, WANG et NIL ont rapporté que le contenu de la chlorophylle augmente sous des conditions de stress salin chez l'espèce Amaranthu .L

#### **II.2.4.2. La respiration**

La plante augmente sa respiration en condition de stress salin. L'accroissement de cette fonction physiologique résulte de l'énergie nécessaire à l'absorption ionique, produisant ainsi un effet sur la balance d'énergie disponible pour la plante (le maintien de la turgescence et la production de biomasse). (RAINS, 1972 ; LAKSHMI et all, 1996 ; TEZARA et all 2002 ; BURMAN et all 2003)

#### **II.2.5. Effet de la salinité sur la croissance :**

L'inhibition de la croissance dépend du niveau de concentration et de la durée d'exposition. Ainsi la sensibilité d'une espèce aux sels varie au cours de son développement. Selon BOUCAUD et al en 1978, le comportement d'un végétal diffère suivant que la salinité du milieu extérieur soit maintenue constante en continuelle augmentation ou fluctuante.

Un retard de croissance important est signalé chez la plus par des glycophytes dès 50m M/L dans la solution du sol. Par contre, chez les halophytes, la croissance ne semble guère diminuer que pour les concentrations beaucoup plus élevées, tels que L'Atriplex halimus .L, à partir de 480mM/L de NaCL. (PLJAKOF-MAYBER et GALE, 1975 ; BRUN, 1980)

Pour ce qui est de l'arachide On a noté une diminution de la croissance, ainsi que le poids sec de plantules soumises au stress salin.

#### **II.2.6 Effets de la salinité sur le métabolisme des plantes :**

L'effet nocif du sel n'est pas seulement un effet direct sur le métabolisme, mais a des effets indirects engendrant des perturbations susceptibles de se manifester à tous les niveaux (métabolisme azote, lipidique, glucidique, hormonal et enzymatique).

##### **II.2.6.1. Métabolisme Azoté :**

Au niveau cellulaire, la tolérance des plantes au stress hydrique ou salin peut s'exprimer par l'accumulation d'osmolytes. La plus part de ces osmolytes sont des composants azotés ce qui traduit l'importance du métabolisme azoté sous conditions stressantes. Ainsi l'augmentation de la concentration des acides aminés en particulier la proline a été observée chez plusieurs espèces de plantes soumises à un stress salin (STEWART, 1978 ; BRIENS et LARHER, 1982, BERGMANN et all, 1995 ; VAN RENSBURG et all, 1995 ; TAIZ et ZEIGER, 2002)

Cette augmentation induit le maintien d'une pression osmotique interne élevée. En effet, la proline semble être l'acide aminé le plus accumulé dans les plantes soumises à un stress salin.

Elle peut intervenir en régulant par l'augmentation de sa concentration, la pression osmotique interne des cellules. D'autres auteurs, proposent qu'elle constitue un stock d'azote utilisable par la plante postérieurement à la période de stress,

De plus, la synthèse de la proline peut être incluse dans la régulation du pH cytoplasmique. Par conséquent, elle aide dans la stabilisation des protéines membranaires et des protéines libres. Ceci suggère qu'elle a un rôle osmo-protecteur, du fait qu'elle est le plus accumulée dans les plastides, les mitochondries importent la proline, et la vacuole a une activité exportatrice du moment que la concentration de la proline est faible à son niveau par rapport au cytosol au cours du stress.

Il est à noter que la synthèse des protéines est étroitement liée au métabolisme des sucres et la respiration à partir de l' $\alpha$ -cétoglutarate intermédiaire du cycle de Krebs qui donne le squelette carboné pour la synthèse de la proline. Cependant, la synthèse des protéines, associée au catabolisme des sucres, pourrait jouer un rôle majeur dans la métabolisation de l'énergie métabolique requise durant le stress pour une compartimentation ionique et synthèse des osmolytes.

#### **II.2.6.2. Métabolisme Glucidique :**

Le saccharose et l'amidon sont les premiers glucides stables, issus des processus photosynthétiques du cycle de Calvin et de la voie du glycolate. L'amidon s'accumule dans le chloroplaste tandis que le saccharose synthétisé dans le cytosol est stocké dans la vacuole ou transféré vers les organes puits.

Lors d'un déficit hydrique ou un stress salin, l'un de leurs effets majeurs, est qu'ils affectent le métabolisme des hydrates de carbone avec une accumulation des sucres et un bon nombre d'autres composés organiques. Les changements dans le contenu des carbohydrates sont particulièrement importants vu leurs relations directes avec plusieurs processus physiologiques tels que : la photosynthèse et la respiration.

Depuis longtemps, il est connu que le taux des sucres augmente considérablement chez les plantes soumises aux différents types de stress. En effet, cela a été vérifié par CHUNYANG en 2003 chez des arbres adultes d'eucalyptus sous différents stress hydriques par d'autres chercheurs tels que : Kameli et Lösel en 1995 chez le blé suite à un déficit hydrique, et par NOIRAUD et al en 2000 chez le céleri sous stress salin. Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont : le glucose, le fructose et le saccharose qui semble avoir un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante. Par ailleurs, il a été observé que sous stress, les réserves amyliques sont progressivement utilisées suite à leur conversion rapide en saccharose, qui pourrait être associée à une inhibition de la synthèse de l'amidon. De ce fait, le stress altère la compartimentation en faveur de la synthèse du saccharose, qui est attribuée d'une manière exclusive à l'activation de la Saccharose phosphate synthase (SPS). Ceux-ci suggèrent le rôle osmotique joué par le Saccharose et les autres monosaccharides dans la baisse du potentiel osmotique, ce qui confère une tolérance des plantes vis-à-vis du stress. Dans le tableau N°05 figure, des exemples de plantes montrant des variations dans la teneur des carbohydrates en présence de la salinité :

**Tableau 5 : changement de la teneur des carbohydrates en réponse à la salinité**

<b>l'espèce</b>	<b>Réponse à la Salinité</b>
vitis vinifera	Diminution du taux de saccharose et d'amidon
cenchrus penninsetiformis	Diminution du taux de saccharose pas d'augmentation du taux de glucose et fructose
hordeum vulgari	Augmentation du taux de saccharose, pas d'augmentation pour les sucres réducteurs
zygophyllum album	Augmentation du taux de saccharose, glucose et fructose
glycin max	Augmentation du taux de saccharose, diminution du taux d'amidon
lepidium crassifolium	Augmentation du taux de sucre solubles

Source : (ASHRAF, 2004)

**II.2.6.3. Le Métabolisme Lipidique :**

Les lipides jouent un rôle important dans l'adaptation des plantes au stress salin. Une augmentation de la salinité provoque une diminution des teneurs en lipide tant dans les racines que dans les feuilles d'olivier. Des plantes soumises à un stress salin, ont une augmentation en stérols (saturé et insaturé) chez la betterave sucrière, l'orge et les haricots. Cependant, le chlorure de sodium affecte beaucoup plus les acides gras des feuilles que ceux des racines chez le tournesol. Des chercheurs ont trouvé que pour des plantules d'arachide soumise au stress salin une forte proportion de l'acide linoléique et oléique, qui est le résultat de l'augmentation du ratio acide gras insaturés/ acide gras saturés. (GHARZALI et CHERIF, 1979 ; ZEROUK et CHERIF, 1981 ; STUIVER et KYLIN, 1981 RAMA ET RAJESWARA, 1982)

**II.2.7. Effet du stress salin sur d'autres métabolismes :**

Mis à part les deux métabolismes qui ont été présentés ci-dessus d'autres métabolismes sont touchés par le stress salin tel que le métabolisme enzymatique et cela en observant les dégâts qui en résulte sur l'altération occasionnées sur les enzymes qui interviennent dans les processus vitaux à titre d'exemple la catalase, la peroxydase, l'amylase, le métabolisme hormonale est aussi assujetti à une altération par le stress salin en augmentant les teneurs des cytokinies et diminuant les teneurs de l'acides abcessique ABA. (ITAI et all, 1976 ; HAMZA, 1980 ; BOURIAMA et all 1986 ; AMRAR, 1993)

**II.3. Mécanisme de la tolérance des plantes :**

La tolérance des plantes à la salinité est la capacité de développement de la plante en milieu salin contenant de forte concentration ions solubles. Les plantes tolérantes à la salinité sont nommées plantes halophyte.

BERSTEIN en 1963 définit la tolérance à la salinité comme étant le degré avec lequel la plante ajuste sa pression osmotique en sacrifiant un minimum de son développement végétatif. Ceci implique une accumulation d'éléments nécessaires pour maintenir la pression de turgescence. LEVIT en 1972 définit la tolérance à la salinité comme une accumulation des ions en absence d'effet négatif sur la croissance.

Différents mécanisme biochimiques et cellulaire sont développés pour résister au stress salin afin de protéger le développement de la plante.

### II.3.1. Ajustement osmotique :

L'ajustement osmotique des plantes soumises au stress salin peut se produire par accumulation de concentrations élevées d'ions minéraux ou solutés organiques. Dans certains cas, l'accumulation des solutés est si élevée qu'elle dépasse les limites de régulation du contenu cytoplasmique et elle affaiblie la croissance. (GREENWAY et MUNNS, 1980 ; PITMAN, 1984 ; ASHRAF, 1994)

### II.3.2. Exclusion ou inclusion des ions :

Les plantes répondent à l'effet de sel en accumulant des ions minéraux dit osmotocums pour le maintien de l'équilibre hydrique, c'est la réponse halophytique. Par contre, pour les glycophytes il y a l'exclusion partielle des ions et de la synthèse d'osmotocum organique pour l'ajustement osmotique. Dans la plupart des sols affectés par le sel dans le monde, Na Cl est le sel dominant et la concentration élevée des ions en particulier le Na<sup>+</sup> dans le milieu de cultures des plantes, a comme conséquence la toxicité cytoplasmique.

- SODIUM (Na<sup>+</sup>)

Une fois exposé à un milieu salin, la plus part des plantes accumulent quelques quantité de Na<sup>+</sup> dans leurs racines et l'exclusion des pousses, ce qu'on appelle « Na<sup>+</sup> excluders ». Ainsi la régulation de l'absorption du Na<sup>+</sup> par les cellules et la longue distance du transport de Na<sup>+</sup> semble être une adaptation des plantes pour la résistance à la salinité. Cependant, quelques espèces accumulent efficacement des quantités élevées de Na<sup>+</sup> dans les pousses et sont connues ainsi en tant que « Na<sup>+</sup> includers » « accumulateur ». Par exemple, la plupart des halophytes dicotylédones sont des accumulateurs de Na<sup>+</sup>, et certains glycophytes tolérants aux sels tels que l'orge entrent dans cette catégorie. (MUNNS et all, 2000)

- CHLORE (Cl<sup>-</sup>)

Le chlore (Cl<sup>-</sup>) est ainsi l'anion le plus répondeur dans des conditions salines, des dommages sur les feuilles des variétés sensibles de soja ont été associés à une concentration élevée en chlore. Cette dernière a été aussi détectée dans les feuilles de certaines lignées sensibles d'orge sous forme accumulée.

(GREENWAY et MUNNS, 1980)

### II.3.3. Discrimination K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup>

Le mécanisme fondamental pour le maintien de proportion adéquate de K<sup>+</sup> dans le tissu végétal sous stress salin semble dépendre de la sélectivité. L'absorption du K<sup>+</sup> et la sélectivité cellulaire de compartimentation et de distribution du K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup> dans les processus. Ainsi la sélectivité de K<sup>+</sup> par rapport à Na<sup>+</sup> des plantes soumises à des conditions salines a été suggérée comme critère de sélection important pour la tolérance à la salinité des plantes. (RAINS, 1972 ; FLOWERS et all, 1977 ; GREENWAY et MUNNS, 1980 ; WYN JONES 1981 ; ASHRAF, 1994 ; GORHAM et all, 1997 ; ASHRAF, 2002 ; WENXUE et all, 2003)

## **II.4. Les indicateurs pour la résistance des plantes au stress salin :**

### **II.4.1. Résistance au niveau cellulaire :**

Dans le cas de certaines espèces sensibles à la déshydratation, l'organisation générale de la cellule peut être affectée par (1) une résistance protoplasmique, (2) une perméabilité cellulaire due à la stabilité membranaire. (VIEIRA DA SILVA, 1976 ; PHAMA THI et al, 1985 ; ZID ET GRIGNON, 1991; MANSOUR et al, 2002b, WU et al 1998)

(RAMA ET RAJESWARA, 1982) Ont relevé pour l'arachide, une forte accumulation de l'acides linoléique et oléique, qui est le résultat de l'augmentation des ratios acides gras insaturés/ acides gras saturés. Ce qui provoque une désorganisation au niveau des parois cellulaires.

### **II.4.2. Synthèse des protéines :**

La synthèse des protéines est affectée d'une manière importante par les sels en induisant des modifications qualitatives et quantitatives, détectables par électrophorèse sur gel acrylamide. Pour cela différents types protéines ont été identifiées et classées en deux groupes ; les protéines qui s'accumulent seulement suite à un stress salin et les protéines associées qui s'accumulent suite aux chaleurs, froids, sécheresses, inondations et une forte ou sous-alimentation minérale. (HURKMAN et al, 1989 ; ALI et al, 1999 ; MANSOUR, 2000)

L'application de cette technique à deux variétés d'orge permet de mettre en évidence une différence de comportement entre la variété sensible au sel (prato) et la variété résistante (california mariout). Cette différence se manifeste seulement au niveau des feuilles. Dans les organes, le sel induit la synthèse de cinq nouvelles protéines, trois d'entre elles sont spécifiques de la variété sensible et les deux autres communes aux deux variétés. Au niveau des racines, six nouvelles protéines sont synthétisées par les deux variétés.

(Prato et california mariout). (RAMAGOPAL, 1997)

#### **II.4.2.1. Accumulation De Proline :**

L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus remarquables du stress salin et hydrique (ASHRAF, 1994), c'est l'acide aminé qui s'accumule le plus dans les plantes stressées. (ASHRAF, 1994 ; ABRAHAM, 2003)

Aussi à t- ont cherché à mettre en évidence une corrélation positive ou négative entre l'accumulation de proline dans les feuilles et la résistance à la salinité. Le rôle de la proline dans la résistance au stress salin n'est pas encore élucidé, il peut s'agir d'un osmoticum dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole. (STEWART et LEE, 1974 ; MANSOUR, 1998)

Selon un autre point de vue, l'accumulation de proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (HANSON et al 1977 ; DIX et PEARCE, 1981) où la proline peut jouer un rôle d'un signale/molécule régulateur capable d'activer des réponses multiples intervenant dans le processus d'adaptation (MAGGIO, 2002).

L'existence d'une variabilité génétique intra spécifique pour le potentiel d'accumulation de proline a été mise en évidence chez l'orge. Elle suggère la possibilité d'une sélection pour ce caractère, en particulier chez les céréales. (SINGH et al 1972, 1973) Montrent, sur cinq (05) variétés

d'orge, qu'il y a une relation entre la survie des feuilles et leur teneur en proline ce qui ne généralise pas cette corrélation au niveau de la famille des triticiées.

L'accumulation foliaire de proline est également observée chez les plantules de tomate cultivées sous stress salin (100 et 200mM NaCl). Cette accumulation de proline en présence de Na Cl est plus faible chez les espèces sauvages tolérantes (*L.peruvianum* et *S pennellii*) que chez l'espèce cultivée *Lycopersicon esculentum*. Ceci laisse penser que la proline ne joue pas un rôle essentiel dans la résistance au sel. (TAL et al, 1979)

Pour l'arachide, un stress salin provoque une augmentation dans les teneurs en proline dans les feuilles, les tiges et les racines. (Golan et al, 1990 ; Muthukumarasamy et Paneerselvam, 1992)

Le tableau 6 montre l'effet de l'application exogène de la proline sur différentes espèces cultivées.

**Tableau 6 : effet de l'application exogène de la proline sur différentes espèces.**

Espèce	stress	Effet exogène du proline	référence
Allium cepa	Salinité	La proline atténue l'effet du NaCl sur la rupture des membranes cellulaires.	MANSOUR 1998
Oryza sativa	Salinité	La proline ne change pas le contenu en Na <sup>+</sup> et Cl <sup>-</sup> des plantes stressées.	KRISHNAMURTHY et BHAGWAT 1993
Hordéum vulgare	salinité	La proline diminue l'accumulation des Na <sup>+</sup> et Cl <sup>-</sup> dans la partie aérienne des embryons cultivés in vitro.	LONE et al, 1987
Glycin max	Salinité	L'application de la proline augmente la production de superoxyde dismutase et peroxidase dans les plantes stressées	YAN et al 2000 et HUA et GUO 2002

(ASHRAF et FOOLAD ; 2006)

#### II.4.3. Accumulation des sucres :

Les teneurs en saccharose et amidon des racines et des feuilles semblent des indicateurs du degré de résistance des espèces à la salinité. (POPP et SMIRNOFF, 1995 ; ASHRAF et TUFALL, 1995)

Les sucres contribuent à environ 50% du potentiel osmotique des glycophytes soumis aux conditions salines. Une étude comparative a été menée sur haricot (très sensible), le riz (sensible), le soja (moyennement résistant) et le cotonnier (tolérant). Les analyses de sucres ont été faites sur des plantes de 21 à 35 jours, cultivées pendant sept jours sur des solutions contenant 40 à 60m M de Na Cl (RATHERT, 1984). Les résultats révèlent que la teneur en saccharose des feuilles augmente considérablement chez le haricot et plus faiblement chez le riz. Par contre, elle diminue légèrement chez le soja et plus fortement chez le cotonnier. L'espèce la plus sensible est celle qui présente la plus forte accumulation racinaire de saccharose. La teneur en amidon des feuilles augmente chez le haricot, alors qu'elle diminue chez le cotonnier.

Il est possible que ces modifications dans les teneurs en sucre induites par le sel, constituent un test commode de prédiction de la résistance au sel des espèces. Au niveau variétal, la validité du test reste encore à vérifier. (ZID et GRIGNON, 1991 ; ASHRAF et TOFAIL, 1995)

#### **II.4.4. Activité photosynthétique :**

En conditions salines les plantes réduisent l'activité photosynthétique à cause de la réduction du potentiel hydrique, donc l'optimisation de l'utilisation de l'eau en conditions de stress salin est le but de la tolérance à la salinité. De ce fait les plantes halophytes changent de mode de photosynthèse de C3 en CAM, ce changement induit une diminution des pertes en eau de transpiration par l'ouverture des stomates la nuit.

Un changement dans le mode de la photosynthèse de C3 à C4 chez *Atriplex lentiformis* en réponse à la salinité. (CUSHMAN et al, 1989 in PARIDA et DAS, 2005 ; ZHU and MEINZER, 1999 in PARIDA et DAS, 2005)

#### **II.4.5. Autres mécanismes :**

D'autres mécanismes de tolérance à la salinité sont étudiés et déterminés au niveau des plantes tels que (1) les composés d'ammonium quaternaire (QACs) qui sont des osmolytes compatibles accumulés au niveau des plantes soumises au stress salin (Le glycinebetaine, le prolinebetaine, le choline-O-sulfate...etc.) et (2) les polyols qui sont des alcools poly hydriques, qui existent sous formes acycliques tel que comprennent le mannitol, glycérol, sorbitol. (GRIEVE et MAAS, 1984 ; RHODES et HANSON, 1993, JEFFERIES, 1980 ; BOHNERT et SHEN, 1999 ; SUN et al, 1999 ; CLARK et al 2003)

#### **II.5. Les indicateurs liés à l'intégration des fonctions physiologiques :**

##### **II.5.1. Germination et émergence :**

La germination et l'émergence des plantules en conditions de stress salin sont révélatrices d'un potentiel génétique de tolérance à la salinité. Chez les céréales, l'émergence est repérée lorsque la première feuille perce la coléoptile et que les racines séminales atteignent 1 Cm de long. Des différences marquées dans la capacité à émerger en milieu salin apparaissent à l'examen de quatre variétés de triticale. Cependant, l'étude du comportement de ces variétés au champ ne révèle aucune relation claire entre la performance au stade jeune et la résistance au sel au stade adulte. (NORLYN et EPISTEIN, 1984)

Des résultats similaires sont obtenus sur le blé et l'orge. Dans le cas de l'orge, la comparaison du test d'émergence des plantules en présence de 400m M de Na Cl avec le rendement au champ des plantes donne un coefficient de corrélation de 0,12 ce qui met en cause la validité de ce test chez les espèces dont la sensibilité au sel varie avec le stade de développement. (NORLYN et EPISTEIN, 1984)

##### **II.5.2. Croissance, développement et survie :**

La tolérance au sel s'exprime habituellement en termes de croissance, de rendement ou de survie. Pour la plus part des plantes étudiées, elle peut être définie par une équation linéaire simple du type (MAAS, 1986) :

$$YR = 100 - (K \cdot A),$$

Où

- Y : la croissance ou le rendement,
- K : la conductivité électrique du sol,
- A : le seuil de conductivité électrique à partir duquel on observe une baisse de croissance, et au-delà du seuil A

Dans les tests de survie, le taux de mortalité est mesuré en fonction de la concentration de sel dans le milieu. Il permet de définir le paramètre D50, qui est le temps nécessaire pour observer 50% de Mortalité. Chez le riz, Le D50 varie suffisamment d'une variété à une autre pour fournir un critère valable de résistance au sel. De plus, ce paramètre semble bien corrélé au rendement en grain.

Déterminé sur quatre variétés de riz, il est de 11 jours chez la variété la plus sensible et de 60 jours chez la variété la plus résistante. (FLOWERS, YEO, 1981)

## **II.6. CONCLUSION**

L'adaptation au stress salin est une réponse physiologique et métabolique gérée par des mécanismes contrôlés plus au moins complexe impliquant des changements qui protègent les processus les plus importants dans la plante.

Cette résistance contrôlée à différents niveaux des plantes permet d'envisager des sélections variétales de géotypes résistants au stress salin. Vu l'étendue des effets du stress salin, une gamme de critères physiologiques et biochimiques peuvent être soumis à des tests rapides allant du test de germination pour l'émergence aux processus biochimiques tels l'accumulation foliaire de proline, des sucres et les pigments chlorophylliens qui peuvent être étudiés à des différents stades de développement végétatif.

# **Partie II :**

## **Matériel et méthodes**

#### 4. Objectif de L'essai :

L'objectif est d'étudier l'effet de la salinité sur quelques populations d'arachides locales et une population des Antilles. Des paramètres physiologiques impliqués dans la tolérance aux conditions de stress salin ont été évalués.

#### 5. Matériel végétal :

Les prospections effectuées par les chercheurs de l'institut national agronomique de 2004 à 206 (BEN MOHAMED, BEN AMARA et GHALMI) ont permis de collecter des populations des régions du nord-est, Sahara du nord jusqu' au Sahara central ainsi qu'une nouvelle variété issues de la région tropicale (ANTILLES), voir le tableau7 ci-dessous

**Tableau 7 : origine des populations et leur dénomination**

Zone géographique	Etage bioclimatique	Région de collecte	Lieu de collecte	Nom de l'agriculteur	Dénomination
Tropicale	Tropical tempéré	ANTILLES	ANTILLES		Ant
Sahara du nord	Sah/arien	Ghardaïa	MANSOURA	SADIKI mohamed	G man
			METLILI	LAHOUADJ	G met
Sahara central	Saharien	ADRAR	BOUDA	SNOUSI	Ab
		BECHAR	EL OUATA	GHAZALI M	Beo
		EL OUED	TAGHZOUT	ZAATER Abd el malek	Eoz

(DERRAJI, 2005; ZEROUMDA, 2007; KACI- BEN MOHAMED A, 2007)

#### 6. Conduite de L'essai :

##### 6.1. Préparation de la culture :

Le sol utilisé a été préparé selon les proportions suivantes : trois quart (3/4) sol provenant de l'institut national agronomique, un huitième (1/8) de sable et un huitième (1/8) de matière organique (terreau). Une étude physico chimique de cette nouvelle structure du sol suivant les méthodes d'analyse illustrées dans le tableau 8 :

**Tableau 8 : méthodes d'analyse du sol**

ANALYSES	ELEMENTS	METHODES
PHYSIQUE	argile + limon + sable	méthode internationale pipette de Robinson
CHIMIQUE	PH	PH mètre
	% calcaire total	Calci mètre de Barnard
	% matière organique	ANNE

(SERADOUNI M, 2007)

La culture a été mise en place dans des pots en plastique de forme conique qui ont les caractéristiques suivantes

Diamètre au sommet : 32 cm

Diamètre à la base : 20 cm

Hauteur : 24 cm

Capacité : 15 L

### 6.2. Densité de semis :

Le semis a été effectué le 16 avril 2007 à raison de trois (03) graines par pot sous serre en verre.

### 6.3. Doses de Salinité et D'irrigation :

- Dose de salinité

En fonction des tableaux de tolérances des cultures établies par AYERS ET WEST COT (1976) sur l'arachide, les doses de sel (salinité) ont été choisies comme suit :

**Tableau 9 : dose de salinité choisie pour l'expérimentation**

TRAITEMENT	CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
T0 : traitement témoin sans stress salin	Le sol est arrosé avec l'eau du robinet de la station expérimentale de l'institut national agronomique qui a une conductivité électrique CE= 1,8 Ms/Cm
T1 : stress salin modéré	La conductivité électrique de l'eau d'arrosage est de 2,4 Ms/Cm, ce qui correspond à 10% de la chute du rendement potentiel
T2 : stress salin moyennement prononcé	La conductivité électrique de l'eau d'arrosage est de 2,7 Ms/Cm, ce qui correspond à 25% de la chute du rendement potentiel
T3 : stress salin prononcé	La conductivité électrique de l'eau d'arrosage est de 3.3 Ms/Cm, ce qui correspond à 50% de la chute du rendement potentiel

AYERS ET WEST COT (1976)

**6.4. Dose d'irrigation :**

La méthode des pesées a été utilisée pour calculer la dose d'irrigation et elle consiste à déterminer la capacité de rétention maximale du sol après saturation et ressuyage du sol séché ramené au point de flétrissement.

Après deux (02) jours on pèse le sol et la quantité manquante correspond à la quantité d'eau qu'il faut apporter tous les deux jours ce qui est l'équivalent de 330ml.

la quantité apportée a été majoré à 20%, correspondant à la fraction de lessivage nécessaire pour maintenir une conductivité électrique pas trop élevée à l'intérieurs du sol.

**6.5. Dispositif Expérimental Adopté :**

La culture a été conduite sous serre en verre au niveau du champ expérimental de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'une longueur de 4 m sur une largeur de 3m l'orientation de la serre est sud- est.

Le dispositif expérimental adopté est un Split plot, à trois blocs avec deux facteurs,

- le 1<sup>er</sup> facteur est la dose de salinité au nombre de 4.
- le second facteur est représenté par les différentes populations au nombre de 6

Nous avons réalisé 3 répétitions pour chaque facteur comprenant un total de deux cents seize (216) pots disposés comme illustré dans la planche ci-dessous



**Figure 5: dispositions des pots et du dispositif expérimental (SERDOUNI M, 2007)**

Les détails du dispositif sont illustrés dans la figure N 05 illustrant la disposition par dose et par famille dans chaque bloc.

## **6. Paramètres mesurés**

Les mesures des paramètres physiologiques sont réalisées durant deux périodes distinctes, stade de développement végétatif (stade quatre feuilles vraies) et stade pleine floraison.

### **6.1. Paramètres Physiologiques**

Effet Osmotique : cet effet a été étudié par l'accumulation de deux indicateurs de tolérance, les sucres solubles et la proline durant deux stades distincts le stade de végétatif et le stade de pleine floraison.

#### **6.1.1. Protocole expérimental pour l'accumulation des sucres solubles :**

L'accumulation des sucres solubles : Saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthylés et les polysaccharides sont l'ensemble des sucres qui correspondent à plus de cinquante pour cent (50%) du potentiel osmotique des glycophytes soumis au stress salin et qui sont mesurés par la méthode de SCHIELDS et BURNETT (1960).

- Extraction et préparation des échantillons

Peser les échantillons : environ 100mg (MF) pris dans le tiers médian de la feuille. Les placer dans un tube à essai. Ajouter 3ml d'éthanol à 80%.

Laisser à température ambiante pendant 48 heures.



Figure 6 : préparation des échantillons en macération après 72h (SERADOUNI M,2007)

**Remarque :** les extraits peuvent être conservés au congélateur (-18°C à -30°C) dans des piluliers en plastique.

- Préparation du réactif :

Préparer le réactif 4 heures avant le dosage. Le laisser au frais.

La concentration du réactif est de 0,2 g d'anthrone pure par litre d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pur.

Préparation du courbe étalon :

- Préparation des solutions mères 1 et 2 :
- Préparation de la solution mère 1 :

Peser 100mg de glucose et les mettre dans une fiole jaugée à 100ml,

Compléter à 100 ml avec l'alcool éthylique à 80%.

Préparation de la solution mère 2 :

Prélever 10ml de la solution mère 1 et les mettre dans une fiole jaugée à 100ml. Ajusté à 100ml avec l'éthanol à 80%. La concentration en glucose de la solution mère 2 est donc de 100µg/ml.

Prendre 10 fioles jaugées à 10 ml numérotées de 1 à 10 et mettre respectivement de 1 à 10 ml de la solution mère 2 à l'aide d'une pipette en verre de 10 ml. Ajuster à 10 ml avec l'éthanol à 80%.

Préparer 10 tubes numérotés d'E0 à E 10 :

- E0 : 2 ml d'éthanol à 80% : ce tube servira ensuite à faire le zéro lors de la lecture des densités optiques DO,
- E 1 : 2ml prélevés de la fiole N01, soit 10µg de glucose,
- E 2 : 2ml prélevés de la fiole N02, soit 20µg de glucose,
- E 3 : 2ml prélevés de la fiole N03, soit 30µg de glucose,
- E 4 : 2ml prélevés de la fiole N04, soit 40µg de glucose,
- E 5 : 2ml prélevés de la fiole N05, soit 50µg de glucose,

- E 6 : 2ml prélevés de la fiole N06, soit 60 $\mu$ g de glucose,
- E 7 : 2ml prélevés de la fiole N07, soit 70 $\mu$ g de glucose,
- E 8 : 2ml prélevés de la fiole N08, soit 80 $\mu$ g de glucose,
- E 9 : 2ml prélevés de la fiole N09, soit 90 $\mu$ g de glucose,
- E 10 : 2ml prélevés de la fiole N10, soit 100 $\mu$ g de glucose,
- Dosage



Figure7 : préparation de la gamme étalon et solution du dosage des sucres solubles(SERADOUNI M,2007)

Allumer le bain marie à 92°C.

Prélever 2ml d'extraits et les placer dans des tubes à essai baignant dans la glace fondante.

Ajouter 4 ml de réactif dans tous les extraits avec étalons.

Mettre au bain marie à 92°C pendant 8 minutes.

Apparition d'une coloration bleu-vert,

Retirer les tubes et les placer immédiatement dans la glace fondante afin de stopper la réaction.  
Puis mettre à l'obscurité et au froid pendant 30 minutes.

Lecture de la densité optique DO à 585 nano mètre.



Figures 8 : lecture des densités optique (SERADOUNI M,2007)

Remarque : il est préférable de tester 2 ou 3 échantillons avant de commencer afin d'estimer les concentrations en sucres solubles que l'on a.

En effet, si les concentrations sont supérieures à 150µM/g MF, le dosage n'est plus fiable et il faudra donc diluer les extraits avec l'éthanol à 80%.

Calculs :

Calculer l'équation de la droite de régression du courbe étalon

$$Y = aX + b$$

- Y : quantité de glucose dans le tube (µg),
- X : densité optique,

Calculer Y = la quantité de sucres solubles totaux de chaque échantillons (µg).

Concentration en sucres solubles totaux

$$(\mu\text{M/gMF}) = \frac{Y \times 3 \times 1000}{\text{MF} \times 2 \times 180,16}$$

MF : Masse de la matière fraîche,

Masse molaire de glucose = 180,16g.

### 6.1.2. Protocole expérimental pour l'accumulation de la proline :

✓ Accumulation de la proline : cet acide aminé est le plus accumulé dans une plante soumise à un stress salin. La méthode utilisée est celle de TROLL et LINDSLEY (1955) simplifiée par DREIER et GORING (1974)

#### ✓ EXTRACTION

- Peser les échantillons : environ 100mg (MF) pris dans le tiers médian de la feuille. Les placer dans un tube à essai.
- Allumer le bain –marie à 85°C.
- Ajouter 2 ml de méthanol à 40% ;
- Mettre les tubes au bain – marie à 85°C pendant une heure.

Remarque : les extraits peuvent être conservés au congélateur (-18°C à 30°C) dans des piluliers en plastique.



**Figures 9 : préparation des échantillons pour le dosage de la proline**

#### ✓ Préparation du courbe étalon

Préparer la solution mère 1 :

- Mettre 20 mg de proline dans une fiole jaugée à 100 ml. Ajuster à 100 ml avec du méthanol 40 %.

Préparer la solution mère 2 :

- Prélever 10 ml de la solution mère 1 et les mettre dans une autre fiole jaugée (100 ml). Ajuster à 100 ml avec du méthanol à 40 %. La concentration en proline de la solution mère 2 est donc de  $\mu\text{g/ml}$ .

- Prendre dix (10) fioles jaugée (10 ml) numérotées de 1 à 10 et mettre respectivement de 1 ml à 10 ml de solution mère 2 à l'aide d'une pipette en verre de (10 ml). Ajuster à 10 ml avec du méthanol 40%.
- Préparer 11 tubes numérotés d'E0 à E10. les tubes contiendront :
  - E0 : 1 ml de méthanol 40 % : ce tube servira ensuite à faire le zéro lors de la lecture des doses optique DO ;
  - E1 : 1ml prélevé de la fiole N°1, soit 2 $\mu$ g de proline ;
  - E2 : 1ml prélevé de la fiole N°2, soit 4 $\mu$ g de proline ;
  - E3 : 1ml prélevé de la fiole N°3, soit 6 $\mu$ g de proline ;
  - E4 : 1ml prélevé de la fiole N°4, soit 8 $\mu$ g de proline ;
  - E5 : 1ml prélevé de la fiole N°5, soit 10 $\mu$ g de proline ;
  - E6 : 1ml prélevé de la fiole N°6, soit 12 $\mu$ g de proline ;
  - E7 : 1ml prélevé de la fiole N°7, soit 14 $\mu$ g de proline ;
  - E8 : 1ml prélevé de la fiole N°8, soit 16 $\mu$ g de proline ;
  - E9 : 1ml prélevé de la fiole N°9, soit 18 $\mu$ g de proline ;
  - E10 : 1ml prélevé de la fiole N°10, soit 20 $\mu$ g de proline.



**Figure 10 : gamme étalon proline**

- ✓ Préparation du réactif :

Mettre dans une bouteille en verre opaque le mélange suivant (solution A) est réalisé :

- 300 ml d'acide acétique.
- 80ml d'acide orthosphorique  $d= 1,7$ .
- 120 ml d'H<sub>2</sub>O

Soit n le nombre de tube à doser (extrait + étalons), mettre dans un bécher (solution B) :

- (n+4) 25 mg de ninhydrine,
- (n+4) ml de la solution A.
- (n+4) ml d'acide acétique.

Puis agitez la solution :

✓ Dosage :

- Allumer le bain – marie à 100 °C.
- Prélever 1ml d'extrait.
- Dans chaque tube (extraits + étalons) mettre 2 ml de la solution B.
- Mettre au bain – marie pendant 30 minutes 100°C.

Après le passage au bain marie une coloration rose apparait laisser refroidir et Ajouter 5 ml de benzène dans chaque tube. Agiter les tubes, et laisser se décanter résulte une séparation de deux phases :

- Une phase aqueuse inférieure.
- Une phase organique supérieur.

Pipeter la phase organique (supérieur) que l'on met dans des tubes propres contenant une petite spatule de Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>

- Lecture de la densité optique DO à 528 nm.

Le calcul :

- Calculer l'équation de la courbe de droite de régression du courbe étalon :

$$Y = aX + b$$

- X : Quantité de proline dans le tube (µg),
- Y : Densité optique.
- Calculer X= la quantité de proline de chaque échantillon (µg).

$$\text{Concentration en proline } (\mu\text{M/gMF}) = \frac{Y \times 2 \times 100}{\text{MF} \times 115, 13} = Y \times 0, 174$$

- MF masse de matière fraîche,
- Masse molaire de la proline : 115, 13.



**Figure11 : dosage de proline (SERADOUNI M, 2007)**

**6.1.3. L'activité photosynthétique :** l'élément étudié est la chlorophylle ou une étude de l'accumulation des pigments chlorophylliens (a, b, et c) a été mesurée par la méthode de (LASSOUANE. N laboratoire de physiologie végétale)

- ✓ Extraction et dosage des pigments chlorophylliens

0,1g de matière végétale fraîche (feuilles) sont broyées à sec puis dans 10 ml d'acétone à 80%. Le broyat est centrifugé à 3000 tours/ minute pendant 15 minutes. L'absorbance est lue aux longueurs d'ondes suivantes après étalonnage du spectrophotomètre grâce à un témoin préparé à partir de 10 ml d'acétone à 80%.



**Figure12 : préparation des échantillons pour l'extraction des pigments chlorophylliens (SERADOUNI M, 2007)**

$\lambda_a = 647\text{nm}$  et  $\lambda_b = 663\text{nm}$  pour les chlorophylles a et b.

$\lambda_c = 470\text{ nm}$  pour les caroténoïdes.

La teneur en chlorophylle et en caroténoïdes est déterminée selon l'équation de LICHTENTHALER (1987)

- $\text{Chl a} = 12,25 \times \text{DO}(\lambda b) - 2,79 \times \text{DO}(\lambda a)$  ( $\mu\text{g/ml}$ )
- $\text{Chl b} = 21,5 \times \text{DO}(\lambda a) - 5,1 \times \text{DO}(\lambda b)$  ( $\mu\text{g/ml}$ )
- $\text{Chl a} + \text{b} = 7,15 \times \text{DO}(\lambda b) + 18,71 \times \text{DO}(\lambda a)$  ( $\mu\text{g/ml}$ )

- $$C_{x+c} = \frac{1000 \times \text{DO}(\lambda b) - 1,82 \text{Chla} - 85,02 \text{Chlb}}{198}$$

Les teneurs en pigments foliaires sont exprimées en mg/g de MVF (feuilles).



Figure13 : dosage des pigments chlorophylliens (SERADOUNI M,2007)

##### 5. Analyse statistique des données

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à deux facteurs de classification, les moyennes sont comparées selon la méthode Fischer STUDENTS analyse des différences avec un intervalle de confiance de 95% (Dagnelie, 1999), basée sur la plus petite différence significative, chaque facteur a été étudié à part entière puis l'interaction entre les deux populations a été analysée. Les graphes présentés et les tableaux des groupements des moyennes sont réalisés par le logiciel Excelstat 2008-2009.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
D4	D4	D4	D4	D4	D4	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D1	D1	D1	D1	D1	D1
Gmet	Gman	EOZ	Ant	BEO	AB	BEO	AB	Gman	EOZ	Ant	Gmet	EOZ	AB	BEO	Gmet	Gman	Ant	Ant	Gman	AB	BEO	Gmet	EOZ
b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3	b3
D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D4	D4	D4	D4	D4	D4
Ant	EOZ	Gman	Gmet	BEO	AB	EOZ	AB	Gmet	Ant	BEO	Gman	Gman	BEO	AB	EOZ	Ant	Gmet	Gmet	Gman	EOZ	BEO	Ant	AB
b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2	b2
D3	D3	D3	D3	D3	D3	D4	D4	D4	D4	D4	D4	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D2	D2	D2
BEO	Gman	EOZ	Gmet	Ant	AB	BEO	EOZ	AB	Gman	Gmet	Ant	BEO	EOZ	Gman	Gmet	Ant	AB	Gmet	BEO	EOZ	AB	Ant	Gman
b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1	b1

Figure 6: plan du protocole expérimental

# **Partie III :**

# **Résultats et discussions**

### 3. Résultats de l'analyse du sol

Le sol est caractérisé par un PH neutre de 7,5, un taux de matière organique moyenne, une teneur en calcaire moyenne.

Selon le triangle de texture de HENIN (1969), le sol analysé est de texture limono argilo sablonneux

### 4. Résultats des paramètres physiologiques

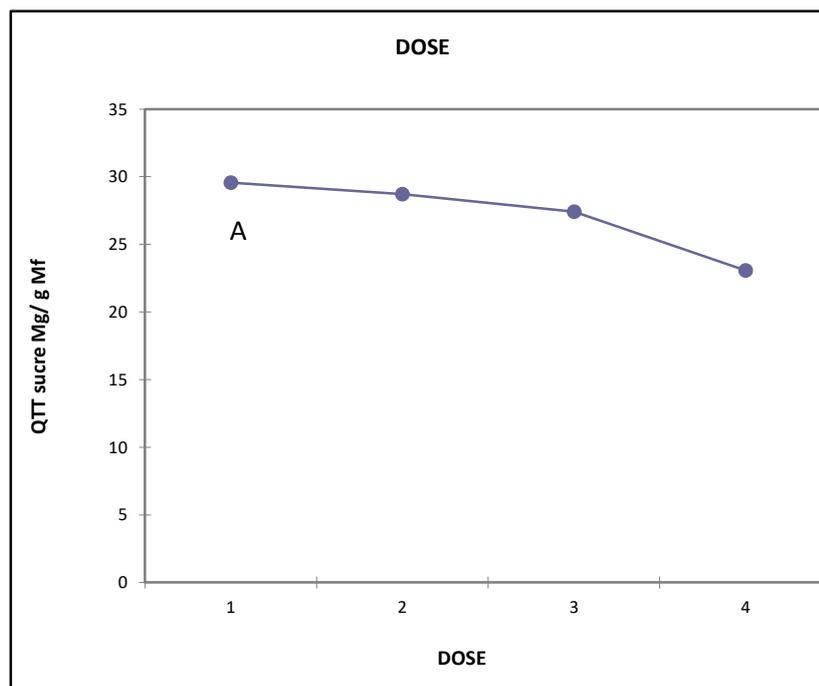
#### 2.1. Stade développement :

##### 2.1.1. Effet de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles

##### 2.1.4.1. Effet dose :

Le stress salin exercé sur les plants d'arachide a induit à une diminution de la quantité de sucre soluble. Des quantités de sucres varient entre un minimum de 23,06mg/g MF à un maximum de 29,57mg/g Mf à la Dose0 dans la figure 3 et (annexe I tableau 7).

Le test de Student (annexe I tableau 6) montre qu'il y'a aucun effet significatif entre les doses de salinité et les quantités de sucre soluble accumulées, de ce fait la comparaison des moyennes ressort un seul groupe homogène A.

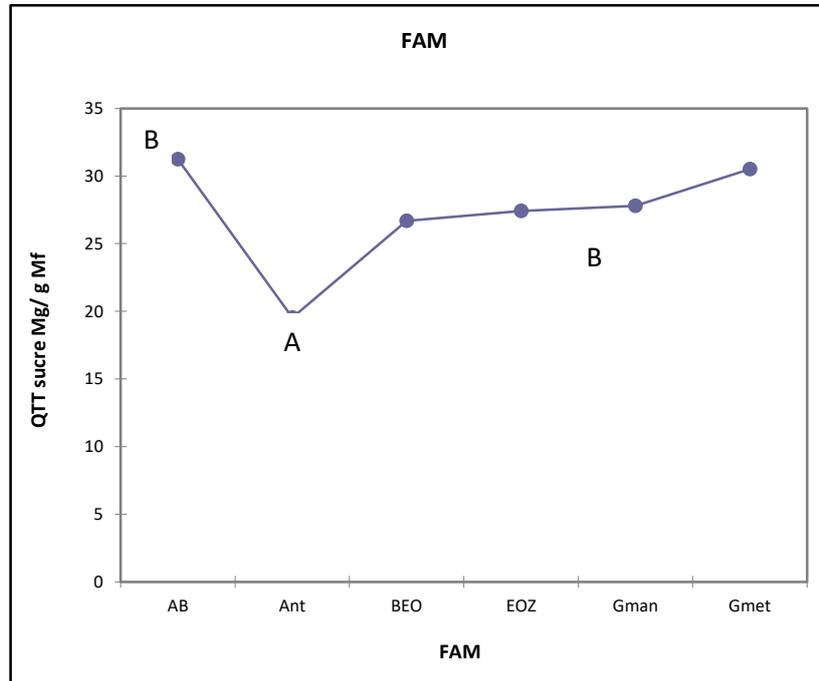


**Figure 7: effet de la dose de salinité sur l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles au stade végétatif**

##### 2.1.4.2. Effet population :

Les populations soumises au stress salin accumulent d'une manière différente les sucres solubles. Les quantités moyennes de sucres solubles varient du maximum 19,52 mg/ g de matière fraîche chez la population (Anti) (AB) 31, 24 mg / g de matière fraîche tel que le montre la figure 4 et (annexe I tableau9),

L'analyse de la variance (annexe tableau8) montre qu'il y'a un effet significatif entre les populations et les quantités de sucres solubles accumulées de ce fait la comparaison des moyennes met en évidence deux groupes homogènes qui se chevauchent. D'un maximum de 31,24 mg/g de matière fraîche par la population d'Adrar AB.

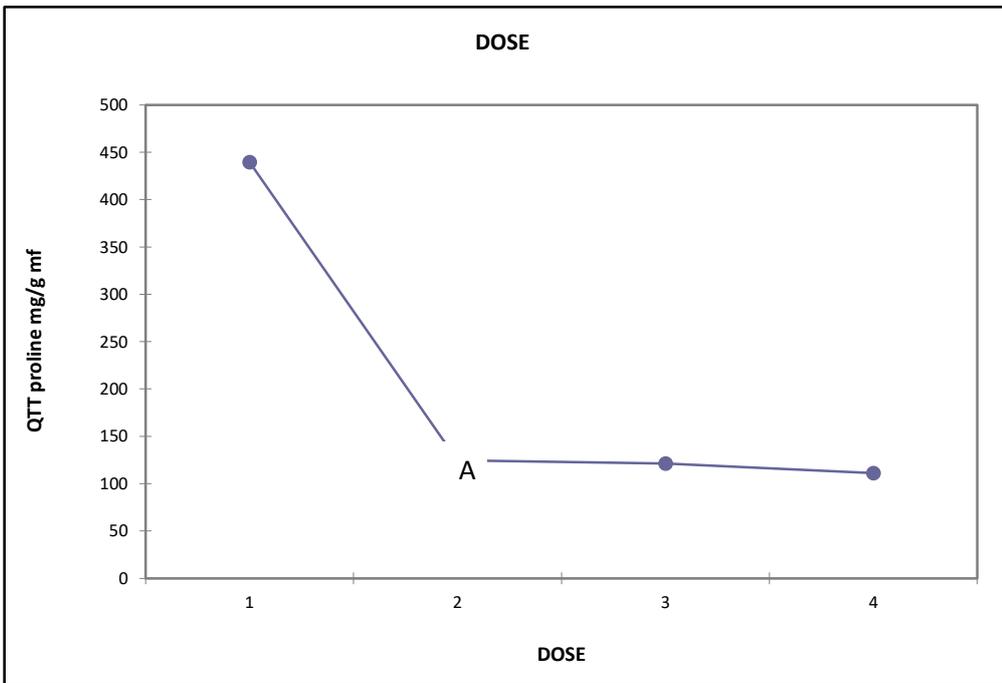


**Figure 8: effet des populations soumises au stress sur l'accumulation des sucres solubles au stade végétatif**

### 2.1.5. Effet de la Salinité sur L'accumulation de la proline

#### 2.1.5.1. Effet dose :

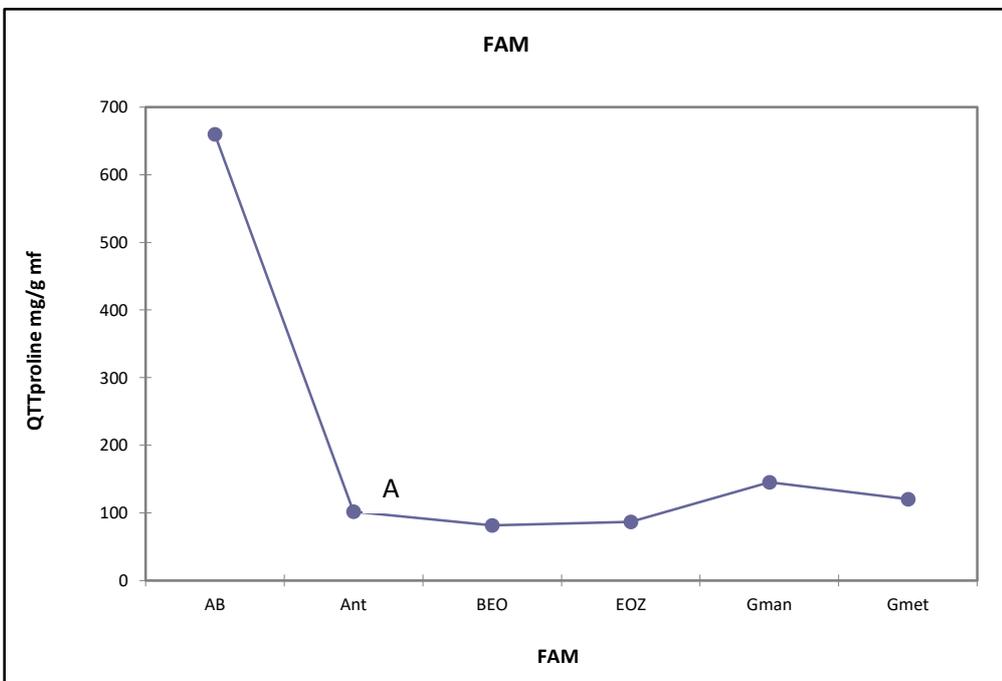
La proline varie en fonction des doses de salinité appliquées sur l'ensemble des populations valeur maximale de 439,88mg/g MF à une teneur minimale de 111,27 mg/g MF de proline tel que le montre la figure 5 et en (annexe I tableau 16). L'analyse de la variance (annexe I tableau 15) montre qu'il y'a aucun effet significatif entre les doses de salinité et l'accumulation de la proline d'où l'on ressort un seul groupe homogène A.



**Figure 9: effet de la dose sur l'accumulation de la proline au stade végétatif**

**2.1.5.2. Effet population :**

L'ensemble des populations ont un intervalle d'accumulation d'une valeur minimum de 81,40mg/ g MF de proline cumulée chez la population BEO jusqu'à un maximum de 659,657mg/g MF de proline chez la population AB figure 6 et (annexe I tableau 18) l'analyse de la variance (annexe I tableau 17) montre qu'il n'y a aucun effet des populations soumises au stress salin sur l'accumulation de la proline ce qui ressort un seul groupe homogène A



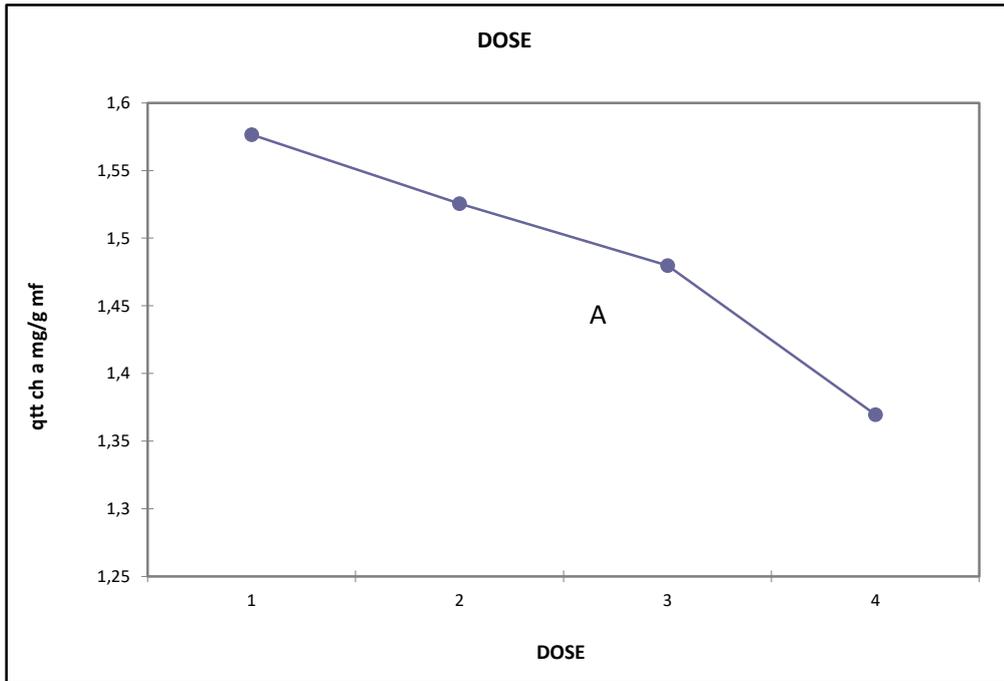
**Figure 10: effet des populations soumises au stress salin sur l'accumulation de la proline au stade végétatif**

## 2.1.6. Effet de la salinité sur l'accumulation des pigments chlorophylliens

### 2.1.6.1. Chlorophylle a :

#### c) Effet dose :

La quantité minimale de chlorophylle accumulée est de 1,370mg/g MF à la dose 4 à une quantité maximale de 1,577mg/g MF à la dose Dose 0. L'analyse de la variance montre qu'il y'a aucun effet significatif entre les dose de salinité et les teneurs moyennes de la chlorophylle a représenté dans la figure 7(annexe I tableau 24), (annexe I tableau 25) montre un seul groupe homogène A.



**Figure 11: effet de la dose de salinité sur la synthèse de la chlorophylle a au stade végétatif**

#### d) Effet population :

L'effet population est hautement significatif par la synthèse de la chlorophylle à, la valeur moyenne minimale en chlorophylle à est de 0,927 mg/g de matière fraîche chez la population Ant. Alors que la valeur maximale est de 1,815 mg/g de matière fraîche enregistrée chez la population AB tel montré dans la figure 8 et (annexe I tableau 27).

Il existe des différences hautement significatives entre les populations soumises au stress salin dans la synthèse de la chlorophylle a.

Le teste de Student met en évidence trois groupes homogènes A, B, C (annexe I tableau 26).

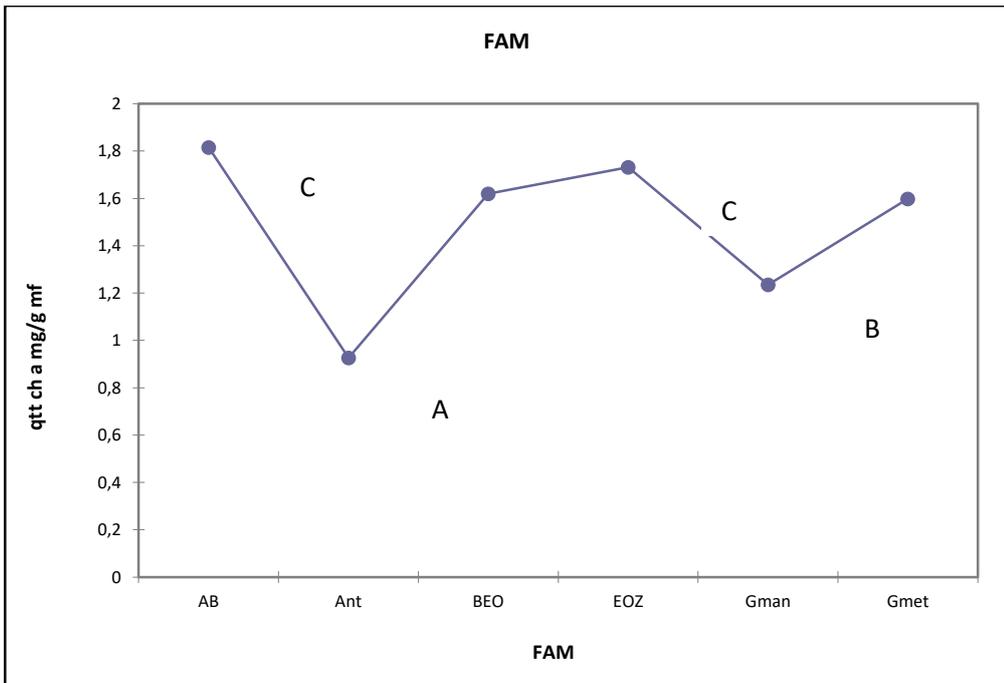


Figure 12: effet des populations soumises à la synthèse de la chlorophylle a austade végétatif

### 2.1.6.2. Chlorophylle b :

#### c) Effet dose :

L'effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle b, montre une valeur minimale de 0,232 Mg/g MF à la dose 4 et valeur maximale de 0,535Mg/g MF à la dose D0, La figure 9 (annexe I tableau 34) .L'analyse de la variance montre qu'il y a un effet significatif entre la dose de salinité et l'accumulation de la chlorophylle b mettant en évidence deux groupes A et B qui se chevauchent (annexe I tableau 33).

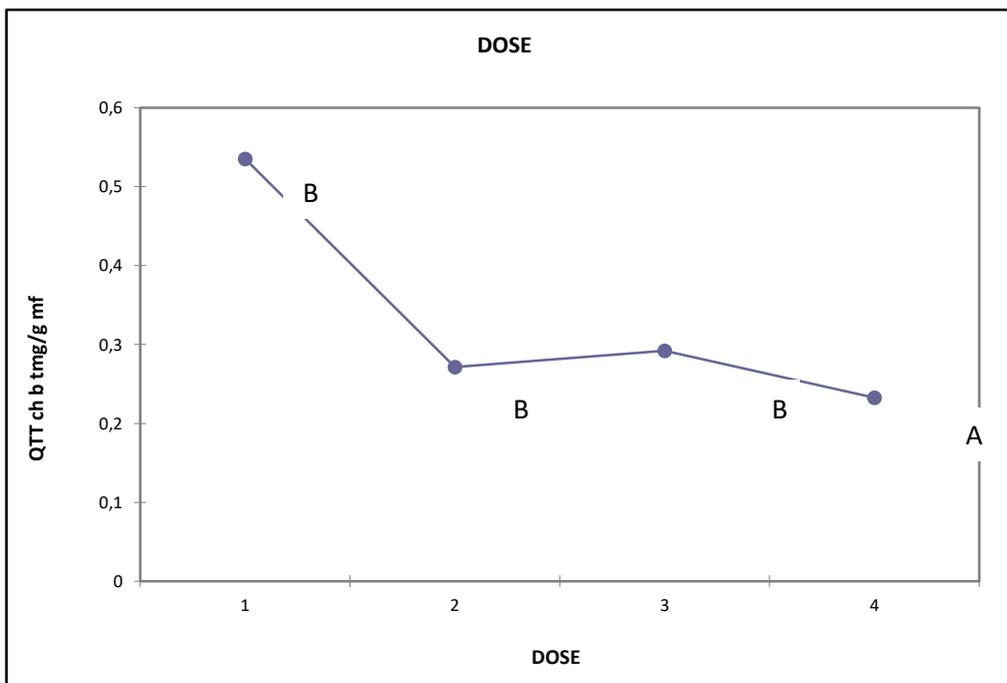
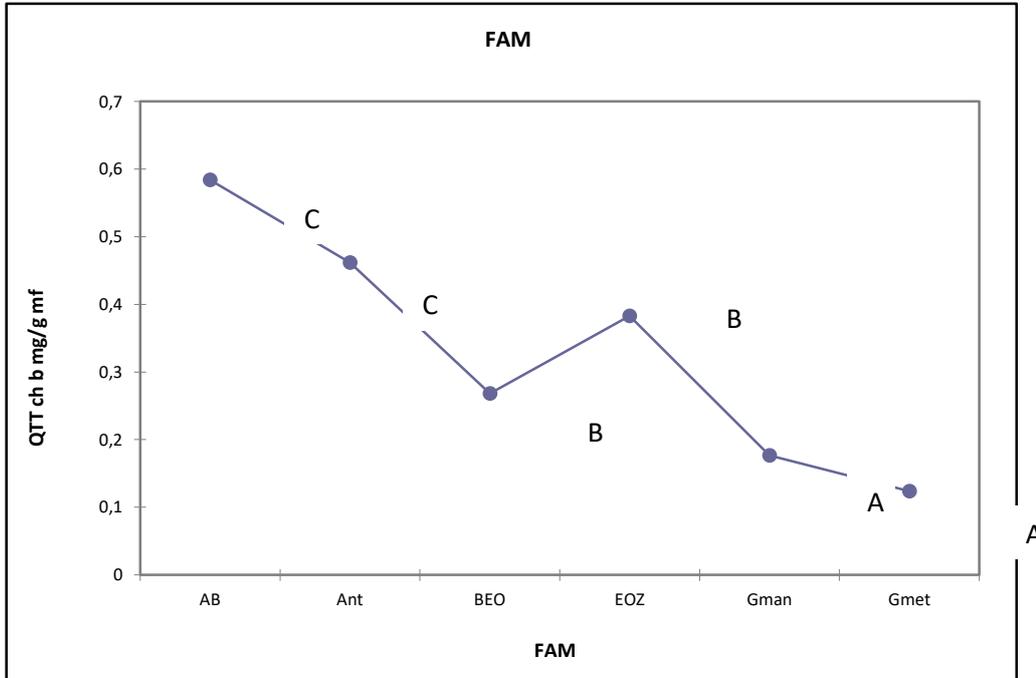


Figure 13: effet de la dose de salinité sur la synthèse de la chlorophylle b au stade végétatif

#### d) Effet population :

Les moyennes des teneurs enregistrées de la chlorophylle b différent entre les populations allant d'une valeur minimale de 0,124 mg/g MF chez la population Gmet jusqu'à une maximale chez la population AB avec une teneur cumulé de 0,584mg/g MF figure 10 (annexe I tableau 36).

L'analyse de la variance (annexe I tableau 35) montre un très effet très significatif des populations sur les teneurs de chlorophylle b. trois groupes sont mis en évidence A, B et C



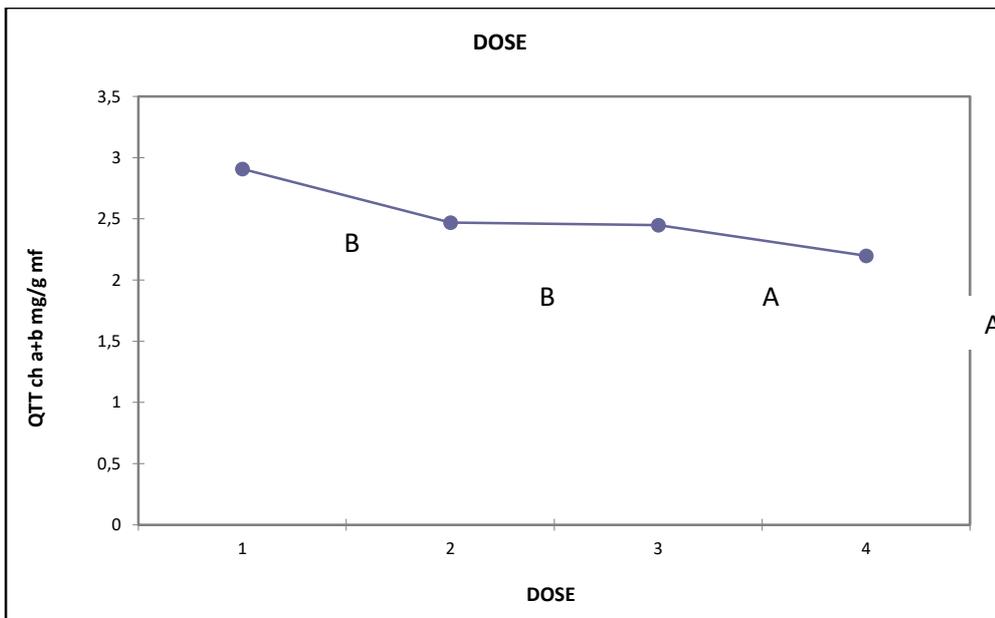
**Figure 14: effet de la population soumise au stress sur la synthèse de la chlorophylle b au stade végétatif**

#### 2.1.3.3. Chlorophylle a+b :

##### c) Effet dose :

Les teneurs moyennes des pigments chlorophylliens a+b varient entre un maximum de 2,908mg/g MF à la dose D0, à un minimum de 2,198 mg/g MF à la dose D4 figure 11 (annexe I tableau 43).

Le test de Student montre un effet significatif de la dose de salinité sur les teneurs moyennes en chlorophylle a+b et met en évidence deux groupes homogènes A et B qui se chevauchent (annexe I tableau42).

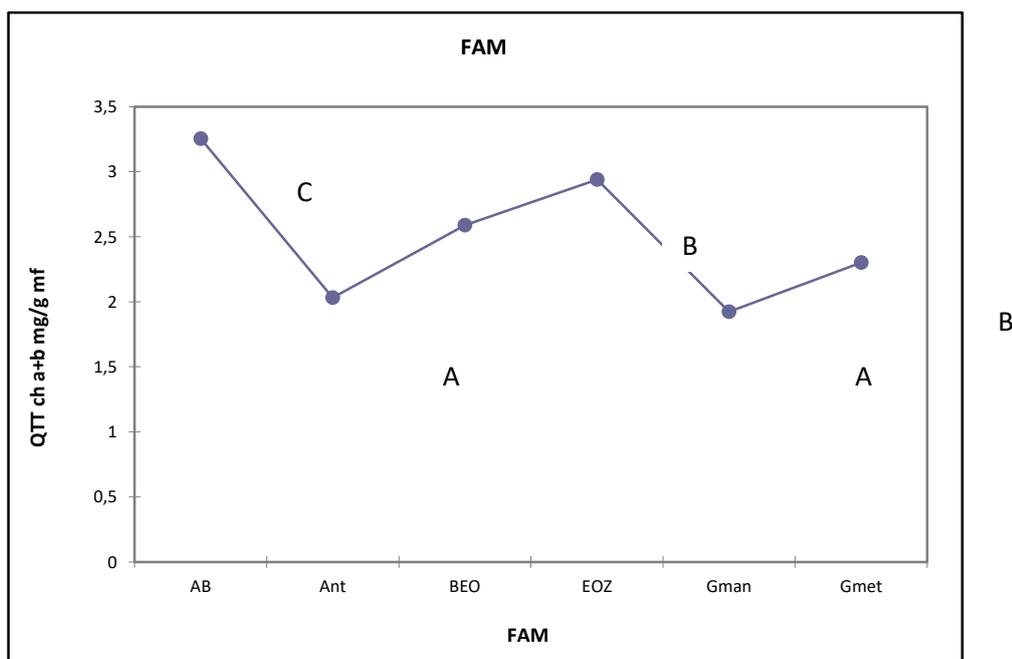


**Figure 15: effet de la dose de salinité sur l'accumulation de la chlorophylle a+b au stade végétatif**

**b) Effet population :**

Les teneurs moyennes des pigments chlorophylliens a+b varient entre un minimum de 1,92 mg / g de matière fraîche chez la population Gman et un maximum de 3, 254mg/g de matière fraîche chez la population AB tel illustré figure 12 (annexe I tableau45).

L'analyse de la variance montre un effet significatif entre les populations soumises au stress salin par la synthèse des pigments chlorophyllien a+b ce qui donne trois groupe A, B, C (annexe I tableau 44)



**Figure 16: effet des populations soumises au stress salin sur l'accumulation de la chlorophylle a+b au stade végétatif**

### 2.1.7. Effet de la salinité sur la synthèse des caroténoïdes

#### c) Effet dose :

Les teneurs moyennes des caroténoïdes varient d'un minimum de 127,90 mg/g de MF pour la dose 1 à un maximum de 143,99 mg/g de MF pour la dose 2, figure 13(annexe I tableau 52)à partir des doses 3 et 4 nous observons une diminution de la teneur des caroténoïdes. L'analyse de la variance donne un effet non significatif avec un seul groupe homogène A (annexe I tableau 51).

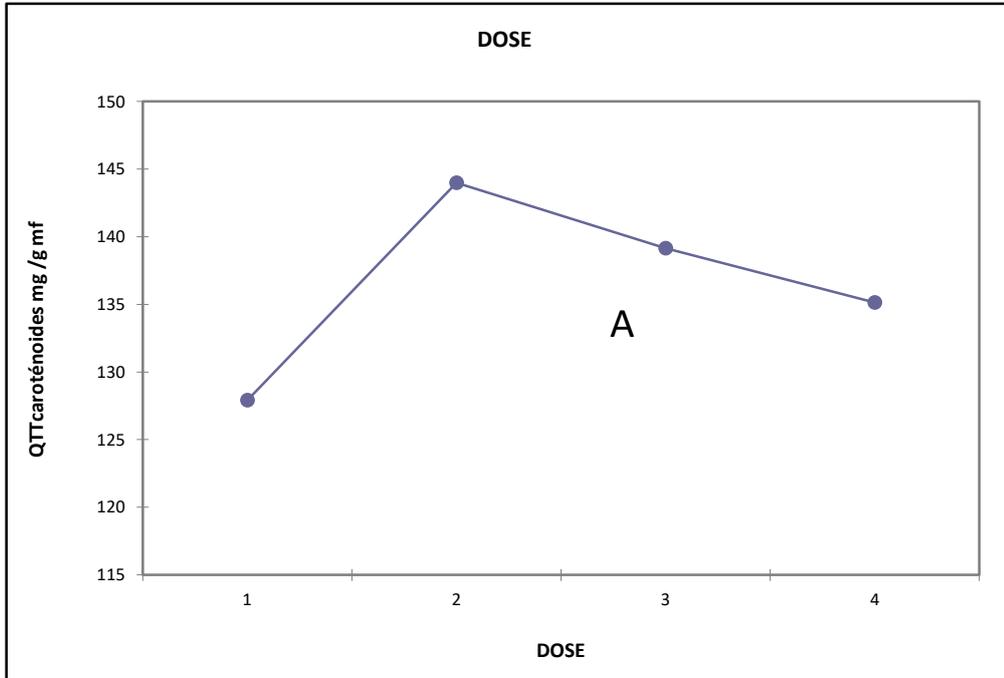


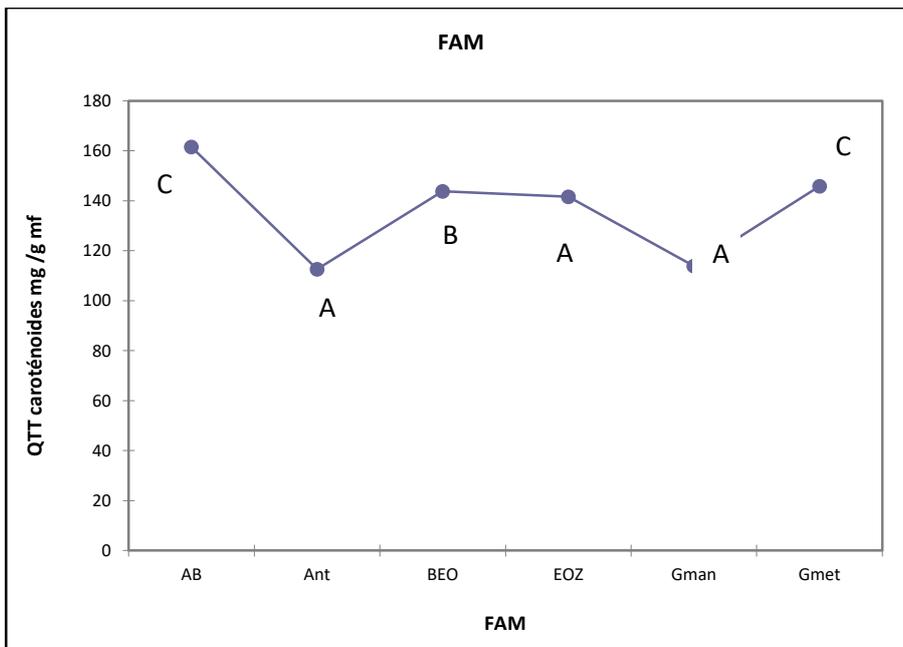
Figure 17: effet de la dose sur l'accumulation des caroténoïdes au stade végétatif

#### d) Effet population :

Les quantités moyennes des caroténoïdes synthétisés vont d'un minimum de 112,581mg/gMF chez la variété Ant à un maximum de 161,517 mg/g MF chez la population AB figure14 (annexe I tableau54),

L'analyse de la variance montre un effet significatif entre les populations soumises au stress salin sur la synthèse des caroténoïde. Il résulte trois groupes A, B et C (annexe I tableau 53).

La population AB présente les meilleures valeurs et s'oppose aux deux populations Ant et Gman dont les valeurs sont les plus faibles, alors que EOZ, BEO et Gmet ont un comportement qui se rapproche.



**Figure 18: effet des populations soumises au stress salin sur la synthèse des caroténoïdes au stade végétatif**

#### 2.1.7.1. Bilan 1 :

a) Effet dose : concernant le stade de développement, les doses de salinité n'ont eu aucun effet sur l'accumulation des prolines ainsi que celle des sucres solubles. Pour ce qui est de l'activité photosynthétique la quantité des pigments chlorophylliens produite diminue au fur et mesure que la dose de salinité augmente.

b) Effet population : alors que pour les populations, en effet la population AB présente des différences dans l'accumulation des sucres solubles en enregistrant la meilleure teneur et s'oppose à la population Ant dont la production en sucres solubles a été la plus faible. le reste des populations (BEO, EOZ et Gman) présentent un comportement similaire et la teneur en sucre soluble est intermédiaire. la population AB reste la population qui a accumulé le plus de prolines en comparaison avec le reste des populations. L'activité photosynthétique à révéler que sur l'ensemble des populations, la population Ant est la population la plus affectée par la salinité suivie par un groupe intermédiaire (Gman, Gmet, BEO et EOZ) par conte la population AB s'oppose aux résultats des autres populations en accumulant les teneurs les plus élevées au niveau des pigments chlorophyllien

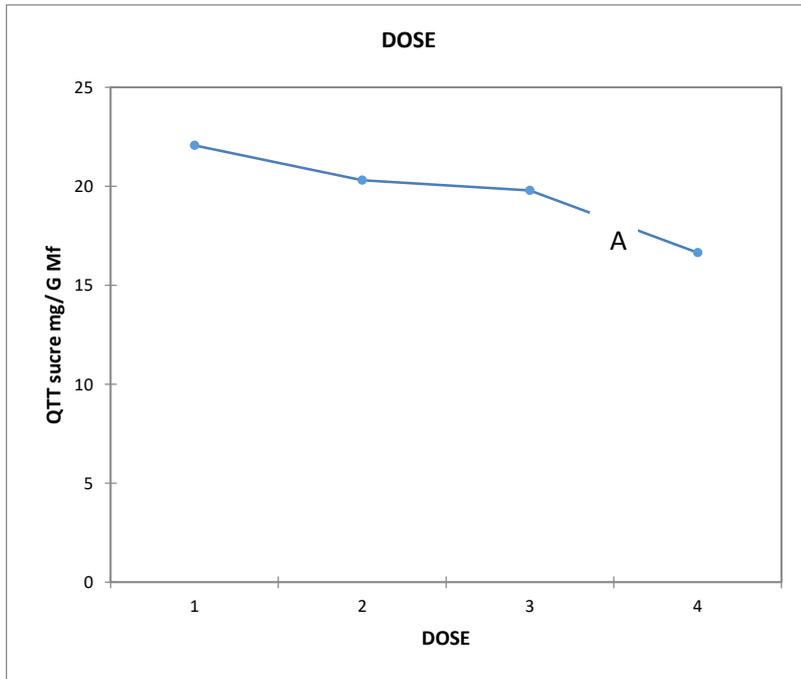
#### Stade de floraison.

##### 2.1.5. Effet de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles

###### 2.1.5.1. Effet dose

La quantité accumulée des sucres soluble varie d'une valeur maximale de 22,06 mg/g de MF à la dose témoins D0 à une valeur minimale de 16,65mg/g à la dose D4 figure 15 (annexe II tableau 60).

L'analyse de la variance (annexe II tableau 59) montre qu'il y'a aucun effet significatif des doses sur l'accumulation des sucres, et donne un seul groupe homogène A.

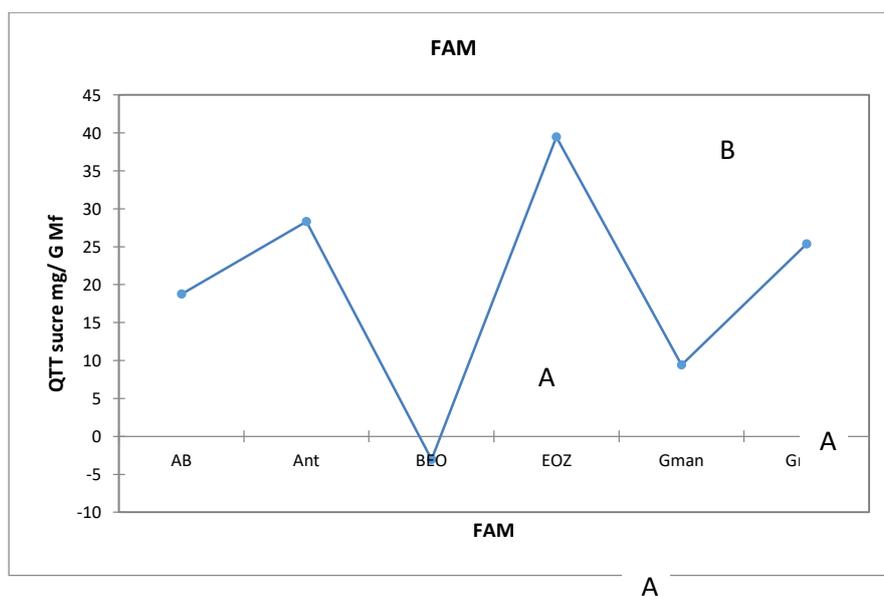


**Figure 19: effet de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles chez les plantes au stade floraison**

#### b) Effet population

Les populations soumises au stress salin répondent différemment à l'accumulation des sucres solubles avec des teneurs moyennes minimale de -3,06 mg/g MF chez la population BEO à une teneur moyenne maximale de 39,45 mg/g MF chez la population EOZ figure 16 (annexe II tableau 62).

L'analyse de la variance montre un effet significatif qui met en évidence deux groupes A et B (annexe II tableau 61)



**Figure 20: effets des populations sur l'accumulation des sucres solubles chez les plants au stade floraison**

### 2.1.6. Effet de la salinité sur l'accumulation de la proline

#### a) Effet dose :

Les valeurs moyennes diffèrent entre une teneur de 33,562mg/g MF dans la D1 équivalente à la dose de salinité de 1,8 ms/cm et des quantités de 39,161mg/g MF à la dose n4 équivalent à 3,3 ms/cm et 69,349mg/g de matière fraîche à la dose n3 équivalente à 2,7 ms/cm, la figure n 20 montre l'effet de la dose sur l'accumulation de la proline figure 17 (annexe II tableau 69).

L'analyse de variance (annexe II tableau 68) montre un effet significatif entre les doses de salinité et l'accumulation de la proline ce qui ressort deux groupe A et B.

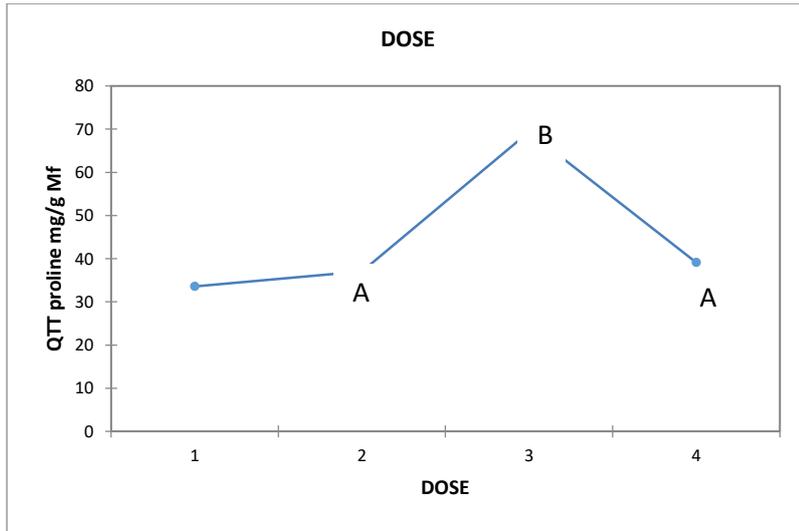


Figure 21: effet de la dose sur l'accumulation de la proline chez les plants au stade floraison

#### b) Effet population :

La valeur moyenne minimale accumulée est de 25,347 mg/g MF chez la population AB, la population Gmet a enregistré la valeur maximale de 67,694 mg/g de matière fraîche chez la figure 18 (annexe II tableau 71).

L'analyse de la variance (annexe II tableau 70) montre un effet significatif entre l'accumulation de la proline et les populations mettant en évidence deux groupes A et B.

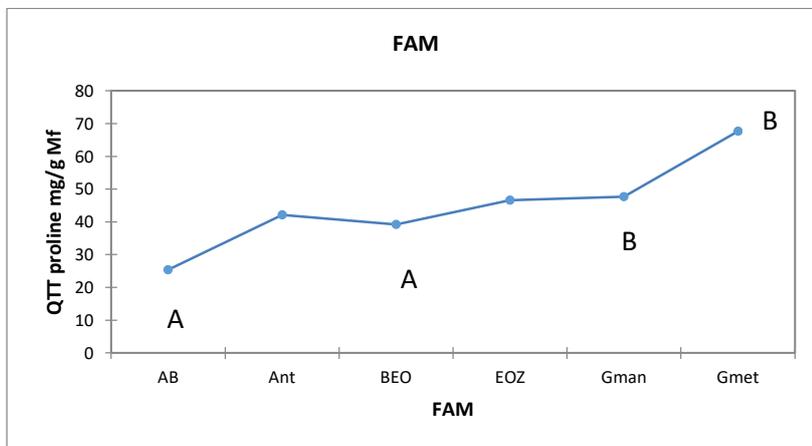


Figure 22: effet de la population soumise au stress salin sur l'accumulation de la proline au stade floraison

### 2.1.7. Effet de la salinité sur la synthèse des pigments chlorophylliens au stade floraison.

#### 2.1.7.1. Chlorophylle a

##### a) Effet dose

L'accentuation du stress salin exercé sur les plants à induit une diminution de la synthèse de la chlorophylle a, la teneur minimale est de 1,056 mg/g MF dans la Dose4 correspondant à une conductivité de 3,3 ms/cm, la teneur maximale est de 1,878 mg/g de matière fraîche dans la Dose 1, figure 19 (annexe II tableau 78).

L'analyse de la variance (annexe II tableau 77) montre un effet très significatif entre les doses de salinité et la synthèse de la chlorophylle a et met en évidence trois groupes A, B et C.

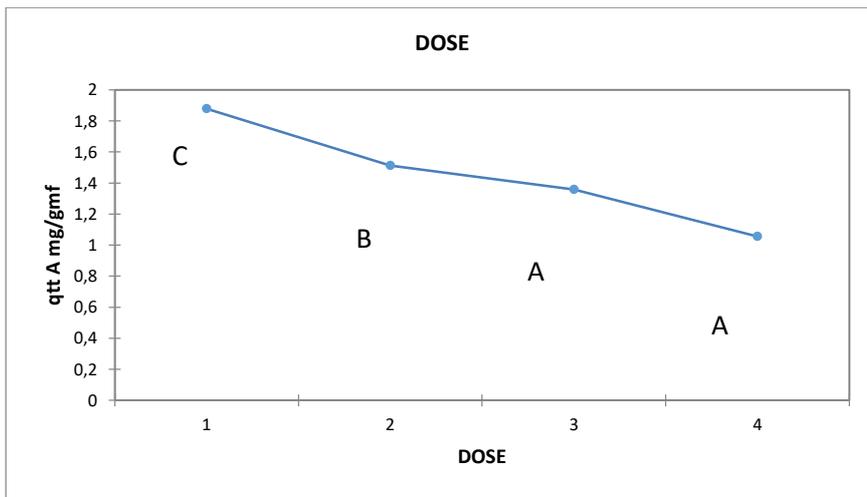


Figure 23: effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle a au stade floraison

##### b) Effet population

Les valeurs moyennes de la chlorophylle a varient entre un minimum de 1,133mg/g de MF dans la population Gman et un maximum de 1,743 mg/g MF chez la population B EO, tel que l'illustre figure 20 (annexe II tableau 80).

L'analyse de la variance (annexe II tableau 79) montre un effet significatif des populations soumises au stress salin sur la synthèse de la chlorophylle a au stade de floraison mettant en évidence deux groupes homogènes qui se chevauchent.

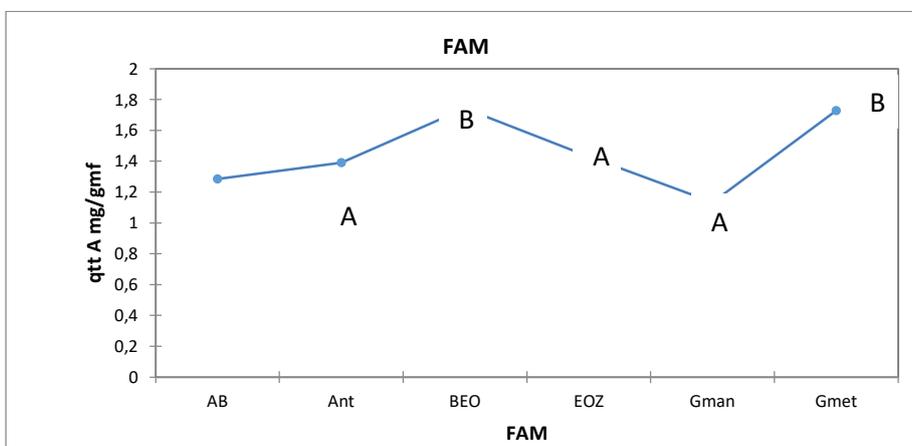


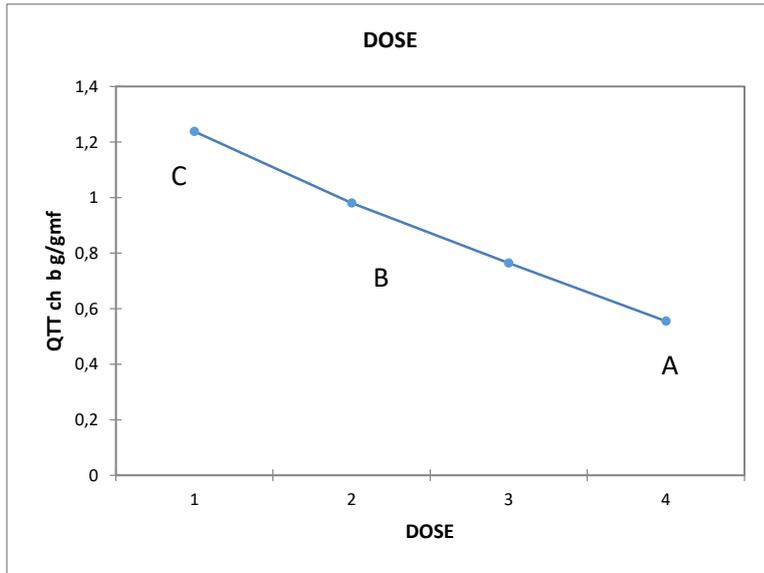
Figure 24: effet de la population soumise au stress salin sur la synthèse de la chlorophylle a au stade floraison

### 2.1.7.2. Chlorophylle b

#### a) Effet dose

Le stress salin a induit à une diminution de la synthèse de la chlorophylle b d'un maximum de 1,238mg/ g MF dans la dose témoin D1 et un minimum enregistré de 0,555 mg/ g de matière fraîche à la dose D4 figure 21(annexe II tableau 87) montre l'effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle b.

L'analyse de la variance (annexe II tableau 88) résulte un effet hautement significatif entre les différentes doses de salinité et la synthèse de la chlorophylle b et met en évidence trois groupes homogènes A, B et C.



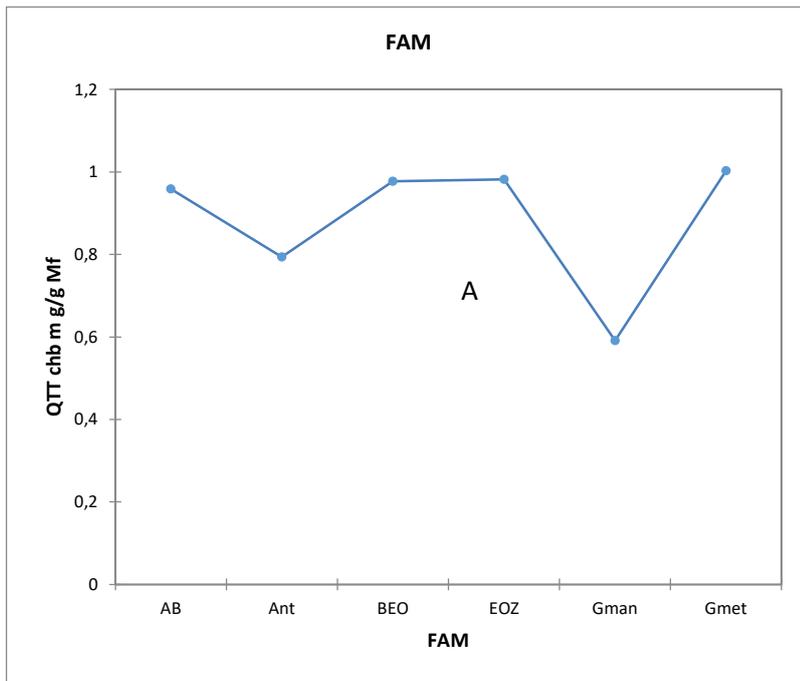
**Figure 25: effet des doses de salinité sur la synthèse de la chlorophylle b au stade floraison**

#### b) Effet population

Les valeurs moyennes de la chlorophylle b (annexe II tableau 89) varient entre une quantité maximale de 1,003mg/ g MF au niveau de la famille Gmet et une valeur minimale de

0, 591mg/g chez la population Gman, la figure 22 montre les variations des moyennes de la chlorophylle b affecté par les populations.

L'analyse de la variance (annexe II tableau 88) montre qu'il y'a aucun effet significatif entre les populations et la synthèse de la chlorophylle b dont ressort un groupe homogène A.



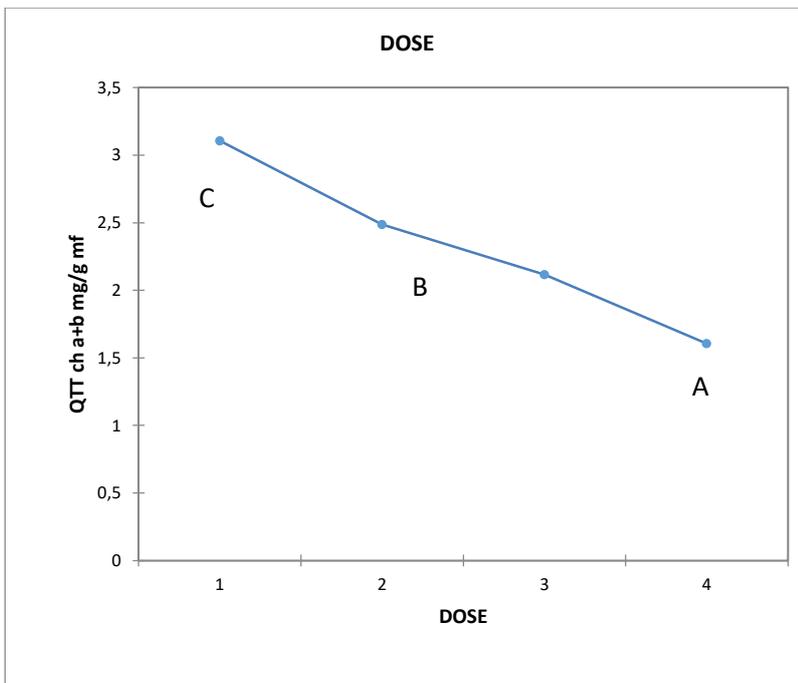
**Figure 26: effet des populations soumise à la salinité sur la synthèse de la chlorophylle b au stade floraison**

### 2.1.7.3. Chlorophylle a+b

#### c) Effet dose

Les valeurs moyennes de la chlorophylle a+b (annexe II tableau 96) varient entre une quantité maximale de 3,107 mg/g MF dans la dose D1 et une quantité minimale de 1,606mg/g MF dans la dose D4, la figure23 montre l'effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle a+b.

L'analyse de la variance (annexe II tableau 95) montre qu'il y'a un effet hautement significatif entre les doses appliquées de salinité et la synthèse de la chlorophylle a+b dont ressort trois groupe homogène A, B et C.

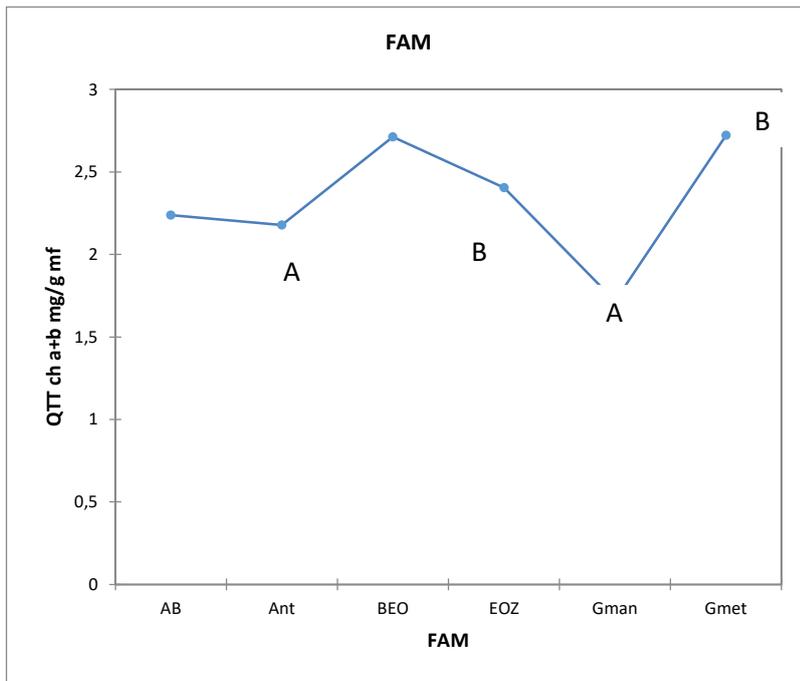


**Figure 27: effet de la salinité sur la synthèse de la chlorophylle a+b au stade floraison**

#### **b) Effet population**

Les valeurs moyennes (annexe II tableau 97) de chlorophylle a+b varient dans une teneur minimale 1,719mg/g MF chez la population G man à une teneur maximale de 2,722 mg/g MF chez la population Gmet, la figure n24 montre l'effet des populations soumises au stress salin sur l'accumulation de la chlorophylle a+b.

L'analyse de la variance (annexe II tableau 96) montre un effet significatif des populations sur la synthèse de la chlorophylle a+b, et ressort deux groupes homogènes a et b qui se chevauchent.



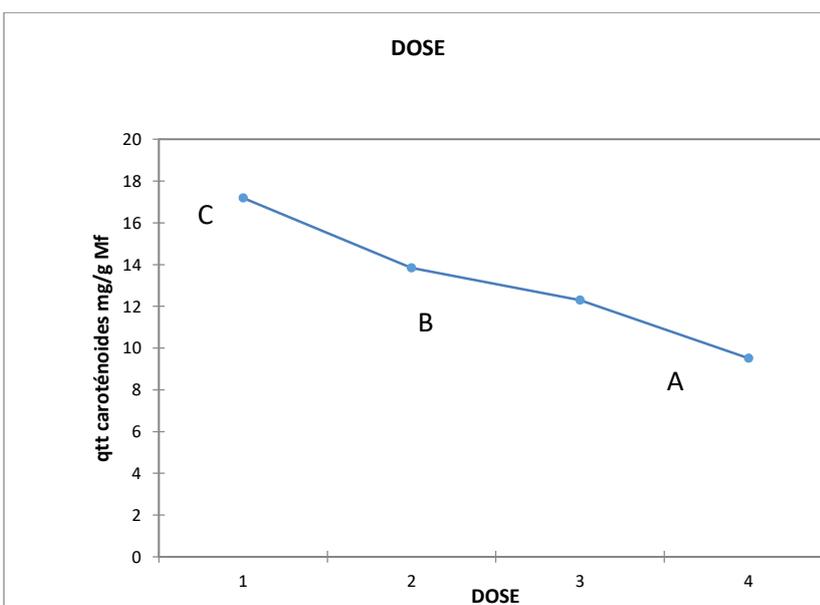
**Figure 28: effet des populations soumises au stress salin sur la synthèse de la chlorophylle a+b au stade floraison**

### 2.1.8. Caroténoïdes

#### a) Effet dose

Les valeurs moyennes (annexe II tableau 105) des caroténoïdes varient entre une valeur minimale de 17,196mg/g MF à la dose D1 et une valeur maximale de 9,516 mg/g MF à la dose D4 la figure n 25 montre l'effet de la salinité sur la synthèse des caroténoïdes.

L'analyse de la variance (annexe II tableau 104) montre qu'il y'a un effet hautement significatif entre les dose de salinité et la synthèse des caroténoïdes mettant en évidence trois groupes A, B et C.

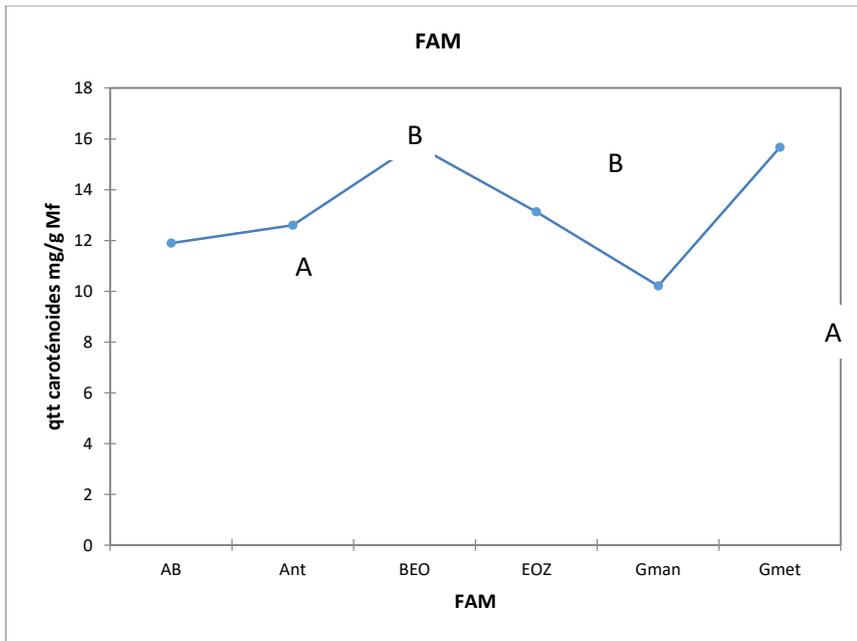


**Figure 29: effet de la salinité sur la synthèse des caroténoïdes au stade floraison**

### b) Effet population

Les valeurs moyennes (annexe II tableau 107) des teneurs en caroténoïdes varient entre la population BEO à une teneur maximale de 15,775mg/g MF et une teneur minimale de 10,207 mg/g MF à la population Gman, la figure 26 montre l'effet des populations sur les teneurs en caroténoïdes.

L'analyse de la variance (annexe II tableau 106) montre un effet significatif des populations soumises au stress salin sur les teneurs en caroténoïdes et met en évidence deux groupes A et B qui se chevauchent.



**Figure 30: effet des populations soumises au stress salin sur les teneuses en caroténoïdes en stade de floraison**

#### 2.1.9. Bilan 2 :

c) **Effet dose** : pour le stade floraison les doses de salinité ont eu un effet significatif sur l'ensemble des paramètres étudiés excepté l'accumulation des sucres soluble.

d) **Effet population** : en effet Chaque population à réagie à la salinité différemment l'accumulation de la proline a été au maximum par la population Gmet en opposition avec la population AB. L'accumulation des sucres solubles a été au maximum avec la population EOZ en opposition avec la population BEO.

En ce qui concerne la synthèse des pigments chlorophylliens la population Gman et la population la plus affecté par la salinité ou les pigments chlorophylliens a, b, a+b et caroténoïdes ont sont très faible. La population la moins affectée par la salinité dans la synthèse des pigments chlorophylliens est la population BEO à la chlorophylle à, la population Gmet à la chlorophylle b, la population Gmet au pigment a+b et la population BEO pour les caroténoïdes.

# Conclusion et perspectives

## Conclusion et perspectives

L'objectif de notre travail était d'étudier le comportement des populations d'arachides d'*Arachis hypogaea* collectées essentiellement en Algérie soumises à un stress salin à différentes concentrations. Nous avons essayé de définir l'effet de la salinité sur les mécanismes physiologiques et biochimiques de la plante à savoir l'accumulation des sucres solubles, les prolines et les pigments chlorophylliens.

Les paramètres ont été étudiés durant deux stades de développement de la plante ; stade végétatif et stade floraison. Les résultats ont montré que les deux paramètres dose de salinité et population ont répondu différemment.

- a) Effet dose : lors du stade végétatif les doses de salinité n'ont pas affectées l'accumulation des sucres solubles et des prolines mais la synthèse des pigments chlorophylliens a été affectée. Les teneurs moyennes en chlorophylle a, b, a+b et caroténoïdes diminuaient au fur et à mesure que les doses de salinité augmentaient, au même titre que le stade végétatif l'accumulation des sucres solubles lors du stade floraison n'a pas été affecté au contraire de tout le paramètre restant.
- b) Effet population : au stade végétatif la population qui a présenté le plus de réactions au stress salin est la population AB d'Adrar cette population a accumulé les sucres solubles, les prolines en opposition aux autres populations qui ont enregistré des teneurs intermédiaires. Au stade floraison chaque paramètre a été spécifié par une population. L'accumulation des prolines a été notée chez la population Gmet en teneur maximale, la teneur minimale est enregistrée chez la population AB. La population EOZ a accumulé la teneur maximale des sucres solubles. La population Gman est la population qui a synthétisé les teneurs les plus faibles des pigments chlorophylliens. Les populations qui ont eu des teneurs moyennes maximales pour les pigments chlorophylliens sont la population BEO à la chlorophylle a, la population Gmet à la chlorophylle b, la population Gmet au pigment a+b et la population BEO pour les caroténoïdes.

Ces populations ont été affectées d'une manière significative par les différentes doses de sel ainsi que leurs comportements. Ce qui fait d'elles des populations intéressantes pour intégrer un programme d'amélioration variétal. D'autres études approfondies sur ces populations sont nécessaires pour confirmer ces résultats et pourquoi ne pas trouver le gène responsable de la tolérance au stress salin.

D'autres recherches relatives à la tolérance à la salinité tels que :

- ✓ Techniques de dosage des minéraux, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>...etc.
- ✓ Etablir une étude comparative entre les populations.
- ✓ Etude moléculaire sur le gène responsable de la tolérance à la salinité.

# Annexes

XLSTAT version 6.1 - ANOVA

Modélisation de la variable QTT sucres solubles Mg/ g Mf :

Tableau 1 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs total	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT sucres soluble Mg/ g Mf	72	72	0	72	27,191	10,042

Tableau 2 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 3 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	2552,001	110,957	1,156	0,328
Résidus	48	4607,818	95,996		
Total	71	0,000			

Tableau 4 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	451,772	150,591	1,569	0,209
FAM	5	1042,229	208,446	2,171	0,073
DOSE*FAM	15	1058,000	70,533	0,735	0,738

Tableau 5 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	451,772	150,591	1,569	0,209
FAM	5	1042,229	208,446	2,171	0,073
DOSE*FAM	15	1058,000	70,533	0,735	0,738

Tableau 6 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-6,510	-1,966	1,995	0,053	Non
4 ~ 2	-5,654	-1,708	1,995	0,092	Non
4 ~ 3	-4,362	-1,318	1,995	0,192	Non
3 ~ 1	-2,148	-0,649	1,995	0,519	Non
3 ~ 2	-1,292	-0,390	1,995	0,698	Non
2 ~ 1	-0,856	-0,258	1,995	0,797	Non

Tableau 7 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements
4	23,060	A
3	27,422	A
2	28,714	A
1	29,570	A

Tableau 8 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Ant ~ AB	-11,718	-2,981	1,997	0,004	Oui
Ant ~ Gmet	-10,981	-2,794	1,997	0,007	Oui
Ant ~ Gman	-8,270	-2,104	1,997	0,039	Oui
Ant ~ EOZ	-7,885	-2,006	1,997	0,049	Oui
Ant ~ BEO	-7,153	-1,820	1,997	0,073	Non

BEO ~ AB	-4,565	-1,162	1,997	0,250	Non
BEO ~ Gmet	-3,828	-0,974	1,997	0,334	Non
BEO ~ Gman	-1,117	-0,284	1,997	0,777	Non
BEO ~ EOZ	-0,732	-0,186	1,997	0,853	Non
EOZ ~ AB	-3,833	-0,975	1,997	0,333	Non
EOZ ~ Gmet	-3,096	-0,788	1,997	0,434	Non
EOZ ~ Gman	-0,385	-0,098	1,997	0,922	Non
Gman ~ AB	-3,448	-0,877	1,997	0,384	Non
Gman ~ Gmet	-2,711	-0,690	1,997	0,493	Non
Gmet ~ AB	-0,737	-0,187	1,997	0,852	Non

Tableau 9 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
Ant	19,523	A	
BEO	26,676	A	B
EOZ	27,408		B
Gman	27,793		B
Gmet	30,504		B
AB	31,241		B

Modélisation de la variable QTT proline mg/g mf :

Tableau 10 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs total	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTQ proline mg/g mf	72	72	0	72	199,146	735,128

Tableau 11 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 12 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	12503617,743	543635,554	1,009	0,473
Résidus	48	25865762,694	538870,056		
Total	71	0,000			

Tableau 13 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	1389214,393	463071,464	0,859	0,469
FAM	5	3086759,665	617351,933	1,146	0,350
DOSE*FAM	15	8027643,685	535176,246	0,993	0,477

Tableau 14 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	1389214,393	463071,464	0,859	0,469
FAM	5	3086759,665	617351,933	1,146	0,350
DOSE*FAM	15	8027643,685	535176,246	0,993	0,477

Tableau 15 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-328,311	-1,336	1,995	0,186	Non
4 ~ 2	-13,319	-0,054	1,995	0,957	Non
4 ~ 3	-9,846	-0,040	1,995	0,968	Non
3 ~ 1	-318,465	-1,296	1,995	0,200	Non
3 ~ 2	-3,473	-0,014	1,995	0,989	Non
2 ~ 1	-314,992	-1,281	1,995	0,204	Non

Tableau 16 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
4	111,277	A
3	121,123	A
2	124,596	A
1	439,588	A

Tableau 17 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
BEO ~ AB	-578,208	-1,937	1,997	0,057	Non
BEO ~ Gman	-63,958	-0,214	1,997	0,831	Non
BEO ~ Gmet	-38,658	-0,130	1,997	0,897	Non
BEO ~ Ant	-20,225	-0,068	1,997	0,946	Non
BEO ~ EOZ	-5,132	-0,017	1,997	0,986	Non
EOZ ~ AB	-573,077	-1,920	1,997	0,059	Non
EOZ ~ Gman	-58,827	-0,197	1,997	0,844	Non
EOZ ~ Gmet	-33,527	-0,112	1,997	0,911	Non
EOZ ~ Ant	-15,093	-0,051	1,997	0,960	Non
Ant ~ AB	-557,983	-1,869	1,997	0,066	Non
Ant ~ Gman	-43,733	-0,147	1,997	0,884	Non
Ant ~ Gmet	-18,433	-0,062	1,997	0,951	Non
Gmet ~ AB	-539,550	-1,808	1,997	0,075	Non
Gmet ~ Gman	-25,300	-0,085	1,997	0,933	Non
Gman ~ AB	-514,250	-1,723	1,997	0,090	Non

Tableau 18 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements
BEO	81,449	A
EOZ	86,581	A
Ant	101,674	A
Gmet	120,107	A
Gman	145,407	A

AB	659,657	A
----	---------	---

Modélisation de la variable QTT Ch a mg/g mf :

Tableau 19 Résumé pour la variable dépendante :

Tableau 20 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
qtt ch a mg/g mf	72	72	0	72	1,488	0,450

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 21 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	8,885	0,386	3,378	0,000
Résidus	48	5,490	0,114		
Total	71	0,000			

Tableau 22 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	0,421	0,140	1,226	0,310
FAM	5	6,901	1,380	12,066	< 0,0001
DOSE*FAM	15	1,564	0,104	0,912	0,557

Tableau 23 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	0,421	0,140	1,226	0,310
FAM	5	6,901	1,380	12,066	< 0,0001

DOSE*FAM	15	1,564	0,104	0,912	0,557
----------	----	-------	-------	-------	-------

Tableau 24 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Dose	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-0,207	-1,371	1,995	0,175	Non
4 ~ 2	-0,156	-1,034	1,995	0,305	Non
4 ~ 3	-0,110	-0,729	1,995	0,468	Non
3 ~ 1	-0,097	-0,642	1,995	0,523	Non
3 ~ 2	-0,046	-0,304	1,995	0,762	Non
2 ~ 1	-0,051	-0,338	1,995	0,737	Non

Tableau 25 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements
4	1,370	A
3	1,480	A
2	1,526	A
1	1,577	A

Tableau 26 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Population	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Ant ~ AB	-0,888	-6,463	1,997	0,000	Oui
Ant ~ EOZ	-0,805	-5,862	1,997	0,000	Oui
Ant ~ BEO	-0,693	-5,046	1,997	0,000	Oui
Ant ~ Gmet	-0,672	-4,890	1,997	0,000	Oui
Ant ~ Gman	-0,308	-2,243	1,997	0,028	Oui
Gman ~ AB	-0,580	-4,220	1,997	0,000	Oui
Gman ~ EOZ	-0,497	-3,619	1,997	0,001	Oui
Gman ~ BEO	-0,385	-2,803	1,997	0,007	Oui
Gman ~ Gmet	-0,364	-2,647	1,997	0,010	Oui
Gmet ~ AB	-0,216	-1,573	1,997	0,120	Non

Gmet ~ EOZ	-0,134	-0,972	1,997	0,335	Non
Gmet ~ BEO	-0,021	-0,156	1,997	0,876	Non
BEO ~ AB	-0,195	-1,417	1,997	0,161	Non
BEO ~ EOZ	-0,112	-0,816	1,997	0,418	Non
EOZ ~ AB	-0,083	-0,601	1,997	0,550	Non

Tableau 27 Classement et regroupements des groupes non significativement différents

Modalités	Moyennes	Regroupements		
Ant	0,927	A		
Gman	1,235		B	
Gmet	1,599			C
BEO	1,620			C
EOZ	1,732			C
AB	1,815			C

Modélisation de la variable QTT ch b mg/g mf :

Tableau 28 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT ch b mg/g mf	72	72	0	72	0,333	0,418

Tableau 29 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 30 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	

Modèle	23	5,028	0,219	1,425	0,149	
Résidus	48	7,365	0,153			
Total	71	0,000				

Tableau 31 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	1,018	0,339	2,212	0,099
FAM	5	1,854	0,371	2,417	0,049
DOSE*FAM	15	2,156	0,144	0,937	0,532

Tableau 32 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	1,018	0,339	2,212	0,099
FAM	5	1,854	0,371	2,417	0,049
DOSE*FAM	15	2,156	0,144	0,937	0,532

Tableau 33 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-0,303	-2,222	1,995	0,030	Oui
4 ~ 3	-0,060	-0,438	1,995	0,663	Non
4 ~ 2	-0,039	-0,284	1,995	0,777	Non
2 ~ 1	-0,264	-1,938	1,995	0,057	Non
2 ~ 3	-0,021	-0,154	1,995	0,878	Non
3 ~ 1	-0,243	-1,784	1,995	0,079	Non

Tableau 34 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
4	0,232	A	
2	0,271	A	B
3	0,292	A	B

1	0,535		B
---	-------	--	---

Tableau 35 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Gmet ~ AB	-0,460	-2,821	1,997	0,006	Oui
Gmet ~ Ant	-0,338	-2,071	1,997	0,042	Oui
Gmet ~ EOZ	-0,259	-1,591	1,997	0,116	Non
Gmet ~ BEO	-0,144	-0,885	1,997	0,379	Non
Gmet ~ Gman	-0,053	-0,325	1,997	0,746	Non
Gman ~ AB	-0,407	-2,496	1,997	0,015	Oui
Gman ~ Ant	-0,285	-1,746	1,997	0,085	Non
Gman ~ EOZ	-0,206	-1,265	1,997	0,210	Non
Gman ~ BEO	-0,091	-0,560	1,997	0,578	Non
BEO ~ AB	-0,316	-1,937	1,997	0,057	Non
BEO ~ Ant	-0,194	-1,187	1,997	0,240	Non
BEO ~ EOZ	-0,115	-0,706	1,997	0,483	Non
EOZ ~ AB	-0,201	-1,231	1,997	0,223	Non
EOZ ~ Ant	-0,078	-0,481	1,997	0,632	Non
Ant ~ AB	-0,122	-0,750	1,997	0,456	Non

Tableau 36 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
Gmet	0,124	A		
Gman	0,177	A	B	
BEO	0,268	A	B	C
EOZ	0,383	A	B	C
Ant	0,462		B	C
AB	0,584			C

Modélisation de la variable QTT ch a+b mg/g mf :

Tableau 37 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
Qtt ch a+b mg/g mf	72	72	0	72	2,506	0,948

Tableau38 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 39 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	33,862	1,472	2,365	0,006
Résidus	48	29,886	0,623		
Total	71	0,000			

Tableau 40 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	4,703	1,568	2,518	0,069
FAM	5	16,336	3,267	5,247	0,001
DOSE*FAM	15	12,823	0,855	1,373	0,199

Tableau 41 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	4,703	1,568	2,518	0,069
FAM	5	16,336	3,267	5,247	0,001
DOSE*FAM	15	12,823	0,855	1,373	0,199

Tableau 42 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-0,710	-2,287	1,995	0,025	Oui
4 ~ 2	-0,272	-0,877	1,995	0,384	Non
4 ~ 3	-0,250	-0,805	1,995	0,424	Non
3 ~ 1	-0,460	-1,482	1,995	0,143	Non
3 ~ 2	-0,022	-0,072	1,995	0,943	Non
2 ~ 1	-0,438	-1,410	1,995	0,163	Non

Tableau 43 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
4	2,198	A	
3	2,448	A	B
2	2,470	A	B
1	2,908		B

Tableau 44 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Gman ~ AB	-1,331	-3,848	1,997	0,000	Oui
Gman ~ EOZ	-1,016	-2,936	1,997	0,005	Oui
Gman ~ BEO	-0,664	-1,920	1,997	0,059	Non
Gman ~ Gmet	-0,378	-1,094	1,997	0,278	Non
Gman ~ Ant	-0,108	-0,313	1,997	0,756	Non
Ant ~ AB	-1,223	-3,535	1,997	0,001	Oui
Ant ~ EOZ	-0,908	-2,623	1,997	0,011	Oui
Ant ~ BEO	-0,556	-1,607	1,997	0,113	Non
Ant ~ Gmet	-0,270	-0,781	1,997	0,438	Non
Gmet ~ AB	-0,953	-2,754	1,997	0,008	Oui
Gmet ~ EOZ	-0,637	-1,842	1,997	0,070	Non
Gmet ~ BEO	-0,286	-0,826	1,997	0,412	Non

BEO ~ AB	-0,667	-1,928	1,997	0,058	Non
BEO ~ EOZ	-0,352	-1,016	1,997	0,313	Non
EOZ ~ AB	-0,315	-0,912	1,997	0,365	Non

Tableau 45 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
Gman	1,923	A		
Ant	2,031	A		
Gmet	2,301	A	B	
BEO	2,587	A	B	C
EOZ	2,939		B	C
AB	3,254			C

Modélisation de la variable QTT caroténoïdes mg /g Mf :

Tableau 46 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT caroténoïdes mg /g mf	72	72	0	72	136,543	39,737

Tableau 47 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 48 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	56285,648	2447,202	2,104	0,015
Résidus	48	55825,703	1163,035		

Total	71	0,000				
-------	----	-------	--	--	--	--

Tableau 49 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	2498,957	832,986	0,716	0,547
FAM	5	22481,414	4496,283	3,866	0,005
DOSE*FAM	15	31305,277	2087,018	1,794	0,064

Tableau 50 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	2498,957	832,986	0,716	0,547
FAM	5	22481,414	4496,283	3,866	0,005
DOSE*FAM	15	31305,277	2087,018	1,794	0,064

Tableau 51 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
1 ~ 2	-16,087	-1,202	1,995	0,234	Non
1 ~ 3	-11,230	-0,839	1,995	0,404	Non
1 ~ 4	-7,221	-0,540	1,995	0,591	Non
4 ~ 2	-8,866	-0,663	1,995	0,510	Non
4 ~ 3	-4,009	-0,300	1,995	0,765	Non
3 ~ 2	-4,857	-0,363	1,995	0,718	Non

Tableau 52 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements
1	127,908	A
4	135,129	A
3	139,139	A
2	143,995	A

Tableau 53 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Ant ~ AB	-48,935	-3,253	1,997	0,002	Oui
Ant ~ Gmet	-33,211	-2,208	1,997	0,031	Oui
Ant ~ BEO	-31,193	-2,073	1,997	0,042	Oui
Ant ~ EOZ	-29,085	-1,933	1,997	0,057	Non
Ant ~ Gman	-1,345	-0,089	1,997	0,929	Non
Gman ~ AB	-47,590	-3,163	1,997	0,002	Oui
Gman ~ Gmet	-31,866	-2,118	1,997	0,038	Oui
Gman ~ BEO	-29,848	-1,984	1,997	0,051	Non
Gman ~ EOZ	-27,740	-1,844	1,997	0,070	Non
EOZ ~ AB	-19,851	-1,319	1,997	0,192	Non
EOZ ~ Gmet	-4,127	-0,274	1,997	0,785	Non
EOZ ~ BEO	-2,108	-0,140	1,997	0,889	Non
BEO ~ AB	-17,742	-1,179	1,997	0,243	Non
BEO ~ Gmet	-2,018	-0,134	1,997	0,894	Non
Gmet ~ AB	-15,724	-1,045	1,997	0,300	Non

Tableau 54 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
Ant	112,581	A		
Gman	113,926	A	B	
EOZ	141,666	A	B	C
BEO	143,774		B	C
Gmet	145,793			C
AB	161,517			C

XLSTAT version 6.1 - ANOVA

Modélisation de la variable QTT sucres solubles mg/ G Mf :

Tableau 55 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT sucres soluble mg/ G Mf	72	72	0	72	19,703	41,683

Tableau 56 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 57 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	49345,897	2145,474	1,391	0,165
Résidus	48	74017,265	1542,026		
Total	71	0,000			

Tableau 57 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	274,811	91,604	0,059	0,981
FAM	5	13444,566	2688,913	1,744	0,143
DOSE*FAM	15	35626,520	2375,101	1,540	0,129

Tableau 58 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	274,811	91,604	0,059	0,981
FAM	5	13444,566	2688,913	1,744	0,143
DOSE*FAM	15	35626,520	2375,101	1,540	0,129

Tableau 59 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-5,415	-0,382	1,995	0,704	Non
4 ~ 2	-3,652	-0,258	1,995	0,798	Non
4 ~ 3	-3,143	-0,222	1,995	0,825	Non
3 ~ 1	-2,273	-0,160	1,995	0,873	Non
3 ~ 2	-0,510	-0,036	1,995	0,971	Non
2 ~ 1	-1,763	-0,124	1,995	0,901	Non

Tableau 60 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements
4	16,650	A
3	19,793	A
2	20,303	A
1	22,065	A

Tableau 61 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
BEO ~ EOZ	-42,514	-2,552	1,997	0,013	Oui
BEO ~ Ant	-31,354	-1,882	1,997	0,064	Non
BEO ~ Gmet	-28,406	-1,705	1,997	0,093	Non
BEO ~ AB	-21,814	-1,309	1,997	0,195	Non
BEO ~ Gman	-12,488	-0,750	1,997	0,456	Non
Gman ~ EOZ	-30,026	-1,802	1,997	0,076	Non
Gman ~ Ant	-18,866	-1,132	1,997	0,262	Non
Gman ~ Gmet	-15,919	-0,955	1,997	0,343	Non
Gman ~ AB	-9,326	-0,560	1,997	0,578	Non
AB ~ EOZ	-20,700	-1,242	1,997	0,218	Non
AB ~ Ant	-9,540	-0,573	1,997	0,569	Non
AB ~ Gmet	-6,593	-0,396	1,997	0,694	Non
Gmet ~ EOZ	-14,108	-0,847	1,997	0,400	Non
Gmet ~ Ant	-2,948	-0,177	1,997	0,860	Non
Ant ~ EOZ	-11,160	-0,670	1,997	0,505	Non

Tableau 62 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
BEO	-3,060	A	
Gman	9,428	A	B
AB	18,754	A	B

Gmet	25,346	A	B
Ant	28,294	A	B
EOZ	39,454		B

Modélisation de la variable QTT proline mg/g :

Tableau 63 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT proline mg/g	72	72	0	72	44,766	42,335

Tableau 64 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 65 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	35156,075	1528,525	0,797	0,718
Résidus	48	92092,169	1918,587		
Total	71	0,000			

Tableau 66 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	14788,218	4929,406	2,569	0,065
FAM	5	11424,757	2284,951	1,191	0,328
DOSE*FAM	15	8943,100	596,207	0,311	0,992

Tableau 67 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	14788,218	4929,406	2,569	0,065
FAM	5	11424,757	2284,951	1,191	0,328
DOSE*FAM	15	8943,100	596,207	0,311	0,992

Tableau 68 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
-----------	------------	--------------------	-----------------	------------	--------------

1 ~ 3	-35,787	-2,640	1,995	0,010	Oui
1 ~ 4	-5,569	-0,411	1,995	0,683	Non
1 ~ 2	-3,460	-0,255	1,995	0,799	Non
2 ~ 3	-32,327	-2,385	1,995	0,020	Oui
2 ~ 4	-2,109	-0,156	1,995	0,877	Non
4 ~ 3	-30,218	-2,229	1,995	0,029	Oui

Tableau 69 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
1	33,562	A	
2	37,022	A	
4	39,131	A	
3	69,349		B

Tableau 70 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
AB ~ Gmet	-42,347	-2,476	1,997	0,016	Oui
AB ~ Gman	-22,303	-1,304	1,997	0,197	Non
AB ~ EOZ	-21,223	-1,241	1,997	0,219	Non
AB ~ Ant	-16,748	-0,979	1,997	0,331	Non
AB ~ BEO	-13,892	-0,812	1,997	0,420	Non
BEO ~ Gmet	-28,456	-1,664	1,997	0,101	Non
BEO ~ Gman	-8,411	-0,492	1,997	0,624	Non
BEO ~ EOZ	-7,331	-0,429	1,997	0,670	Non
BEO ~ Ant	-2,856	-0,167	1,997	0,868	Non
Ant ~ Gmet	-25,599	-1,497	1,997	0,139	Non
Ant ~ Gman	-5,555	-0,325	1,997	0,746	Non
Ant ~ EOZ	-4,475	-0,262	1,997	0,794	Non
EOZ ~ Gmet	-21,125	-1,235	1,997	0,221	Non
EOZ ~ Gman	-1,081	-0,063	1,997	0,950	Non
Gman ~ Gmet	-20,044	-1,172	1,997	0,245	Non

Tableau 71 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
AB	25,347	A	
BEO	39,239	A	B
Ant	42,095	A	B
EOZ	46,570	A	B
Gman	47,650	A	B
Gmet	67,694		B

Modélisation de la variable QTT ch a mg/gmf :

Tableau72 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT ch a mg/gmf	72	72	0	72	1,451	0,665

Tableau 73 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 74 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	12,702	0,552	1,421	0,151
Résidus	48	18,661	0,389		
Total	71	0,000			

Tableau 75 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	6,312	2,104	5,412	0,003
FAM	5	3,530	0,706	1,816	0,127
DOSE*FAM	15	2,860	0,191	0,490	0,934

Tableau 76 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	6,312	2,104	5,412	0,003
FAM	5	3,530	0,706	1,816	0,127
DOSE*FAM	15	2,860	0,191	0,490	0,934

Tableau 77 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-0,822	-4,063	1,995	0,000	Oui
4 ~ 2	-0,457	-2,258	1,995	0,027	Oui
4 ~ 3	-0,303	-1,499	1,995	0,139	Non
3 ~ 1	-0,519	-2,565	1,995	0,013	Oui
3 ~ 2	-0,154	-0,759	1,995	0,450	Non
2 ~ 1	-0,365	-1,805	1,995	0,075	Non

Tableau 78 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
4	1,056	A		
3	1,359	A	B	
2	1,513		B	C
1	1,878			C

Tableau 79 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Gman ~ BEO	-0,610	-2,300	1,997	0,025	Oui
Gman ~ Gmet	-0,594	-2,241	1,997	0,028	Oui
Gman ~ EOZ	-0,296	-1,118	1,997	0,268	Non
Gman ~ Ant	-0,257	-0,969	1,997	0,336	Non
Gman ~ AB	-0,152	-0,575	1,997	0,567	Non
AB ~ BEO	-0,457	-1,725	1,997	0,089	Non
AB ~ Gmet	-0,442	-1,666	1,997	0,100	Non
AB ~ EOZ	-0,144	-0,543	1,997	0,589	Non
AB ~ Ant	-0,105	-0,394	1,997	0,695	Non
Ant ~ BEO	-0,353	-1,331	1,997	0,188	Non
Ant ~ Gmet	-0,337	-1,272	1,997	0,208	Non
Ant ~ EOZ	-0,039	-0,149	1,997	0,882	Non
EOZ ~ BEO	-0,313	-1,182	1,997	0,241	Non
EOZ ~ Gmet	-0,298	-1,123	1,997	0,265	Non
Gmet ~ BEO	-0,016	-0,059	1,997	0,953	Non

Tableau 80 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
Gman	1,133	A	
AB	1,285	A	B
Ant	1,390	A	B
EOZ	1,429	A	B
Gmet	1,727		B
BEO	1,743		B

Modélisation de la variable QTT ch b g/gmf :

Tableau 81 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
qtt b g/gmf	72	72	0	72	0,885	0,561

Tableau 82 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 83 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	10,375	0,451	1,808	0,042
Résidus	48	11,976	0,249		
Total	71	0,000			

Tableau 84 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	4,625	1,542	6,179	0,001
FAM	5	1,587	0,317	1,273	0,291
DOSE*FAM	15	4,163	0,278	1,112	0,372

Tableau 85 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	4,625	1,542	6,179	0,001
FAM	5	1,587	0,317	1,273	0,291
DOSE*FAM	15	4,163	0,278	1,112	0,372

Tableau 86 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-0,682	-4,010	1,995	0,000	Oui
4 ~ 2	-0,425	-2,500	1,995	0,015	Oui
4 ~ 3	-0,209	-1,226	1,995	0,224	Non
3 ~ 1	-0,474	-2,784	1,995	0,007	Oui
3 ~ 2	-0,217	-1,273	1,995	0,207	Non
2 ~ 1	-0,257	-1,511	1,995	0,136	Non

Tableau 87 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
4	0,555	A		
3	0,764	A	B	
2	0,981		B	C
1	1,238			C

Tableau 88 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Gman ~ Gmet	-0,412	-1,800	1,997	0,076	Non
Gman ~ EOZ	-0,392	-1,710	1,997	0,092	Non
Gman ~ BEO	-0,387	-1,690	1,997	0,096	Non
Gman ~ AB	-0,368	-1,608	1,997	0,113	Non
Gman ~ Ant	-0,203	-0,887	1,997	0,378	Non
Ant ~ Gmet	-0,209	-0,912	1,997	0,365	Non
Ant ~ EOZ	-0,188	-0,823	1,997	0,414	Non
Ant ~ BEO	-0,184	-0,803	1,997	0,425	Non
Ant ~ AB	-0,165	-0,721	1,997	0,474	Non
AB ~ Gmet	-0,044	-0,192	1,997	0,849	Non
AB ~ EOZ	-0,023	-0,102	1,997	0,919	Non
AB ~ BEO	-0,019	-0,082	1,997	0,935	Non
BEO ~ Gmet	-0,025	-0,110	1,997	0,913	Non
BEO ~ EOZ	-0,005	-0,020	1,997	0,984	Non
EOZ ~ Gmet	-0,021	-0,090	1,997	0,929	Non

Tableau 89 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements
Gman	0,591	A
Ant	0,794	A
AB	0,959	A
BEO	0,978	A
EOZ	0,982	A
Gmet	1,003	A

Modélisation de la variable QTT ch a+b mg/g mf :

Tableau 90 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT ch a+b mg/g mf	72	72	0	72	2,329	1,148

Tableau 91 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 92 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	
Modèle	23	42,376	1,842	1,726	0,056	
Résidus	48	51,246	1,068			
Total	71	0,000				

Tableau 93 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	
DOSE	3	21,550	7,183	6,728	0,001	
FAM	5	8,534	1,707	1,599	0,179	
DOSE*FAM	15	12,292	0,819	0,768	0,705	

Tableau 94 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F	
DOSE	3	21,550	7,183	6,728	0,001	
FAM	5	8,534	1,707	1,599	0,179	
DOSE*FAM	15	12,292	0,819	0,768	0,705	

Tableau 95 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-1,501	-4,373	1,995	0,000	Oui
4 ~ 2	-0,880	-2,564	1,995	0,013	Oui
4 ~ 3	-0,510	-1,487	1,995	0,142	Non
3 ~ 1	-0,990	-2,885	1,995	0,005	Oui
3 ~ 2	-0,370	-1,077	1,995	0,285	Non
2 ~ 1	-0,621	-1,809	1,995	0,075	Non

Tableau 96 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
4	1,606	A		
3	2,117	A	B	
2	2,486		B	C
1	3,107			C

Tableau 97 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Gman ~ Gmet	-1,004	-2,165	1,997	0,034	Oui
Gman ~ BEO	-0,994	-2,144	1,997	0,036	Oui
Gman ~ EOZ	-0,686	-1,481	1,997	0,143	Non
Gman ~ AB	-0,520	-1,121	1,997	0,266	Non
Gman ~ Ant	-0,459	-0,990	1,997	0,326	Non
Ant ~ Gmet	-0,545	-1,175	1,997	0,244	Non
Ant ~ BEO	-0,535	-1,154	1,997	0,253	Non
Ant ~ EOZ	-0,227	-0,491	1,997	0,625	Non
Ant ~ AB	-0,061	-0,131	1,997	0,896	Non
AB ~ Gmet	-0,484	-1,044	1,997	0,300	Non
AB ~ BEO	-0,474	-1,023	1,997	0,310	Non
AB ~ EOZ	-0,167	-0,359	1,997	0,720	Non
EOZ ~ Gmet	-0,317	-0,684	1,997	0,496	Non
EOZ ~ BEO	-0,308	-0,663	1,997	0,509	Non
BEO ~ Gmet	-0,010	-0,021	1,997	0,984	Non

Tableau 98 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements	
Gman	1,719	A	
Ant	2,177	A	B
AB	2,238	A	B
EOZ	2,405	A	B
BEO	2,712		B
Gmet	2,722		B

Modélisation de la variable QTT caroténoïdes mg/g Mf :

Tableau 99 Résumé pour la variable dépendante :

Variable	Nbr. de valeurs totales	Nbr. de valeurs utilisées	Nbr. de valeurs ignorées	Somme des poids	Moyenne	Ecart-type
QTT caroténoïdes mg/g Mf	72	72	0	72	13,212	6,088

Tableau 100 Résumé pour les variables qualitatives :

Variable	Nombre de modalités	Modalités	Fréquences
DOSE	4	3 ~ 1 ~ 2 ~ 4	18 ~ 18 ~ 18 ~ 18
FAM	6	BEO ~ Gman ~ Ant ~ Gmet ~ EOZ ~ AB	12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12 ~ 12

Tableau 101 Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables ( $H_0 = Y = \text{Moy}(Y)$ ) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	23	1095,982	47,651	1,490	0,121
Résidus	48	1535,507	31,990		
Total	71	0,000			

Tableau 102 Analyse du modèle (Type I SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	553,354	184,451	5,766	0,002
FAM	5	285,287	57,057	1,784	0,134
DOSE*FAM	15	257,341	17,156	0,536	0,907

Tableau 103 Analyse du modèle (Type III SS) :

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
DOSE	3	553,354	184,451	5,766	0,002
FAM	5	285,287	57,057	1,784	0,134
DOSE*FAM	15	257,341	17,156	0,536	0,907

Tableau 104 Tests de comparaisons multiples pour la variable DOSE :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
4 ~ 1	-7,679	-4,167	1,995	0,000	Oui
4 ~ 2	-4,317	-2,343	1,995	0,022	Oui
4 ~ 3	-2,786	-1,512	1,995	0,135	Non
3 ~ 1	-4,894	-2,656	1,995	0,010	Oui
3 ~ 2	-1,531	-0,831	1,995	0,409	Non
2 ~ 1	-3,362	-1,825	1,995	0,072	Non

Tableau 105 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyennes	Regroupements		
4	9,516	A		
3	12,302	A	B	
2	13,833		B	C
1	17,196			C

Tableau 106 Tests de comparaisons multiples pour la variable FAM :

Fisher (LSD) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95 % :

Modalités	Différence	Différence réduite	Valeur critique	Pr. > Diff	Significatif
Gman ~ BEO	-5,568	-2,288	1,997	0,025	Oui
Gman ~ Gmet	-5,463	-2,245	1,997	0,028	Oui
Gman ~ EOZ	-2,925	-1,202	1,997	0,234	Non
Gman ~ Ant	-2,390	-0,982	1,997	0,330	Non
Gman ~ AB	-1,684	-0,692	1,997	0,491	Non
AB ~ BEO	-3,884	-1,596	1,997	0,115	Non
AB ~ Gmet	-3,779	-1,553	1,997	0,125	Non
AB ~ EOZ	-1,241	-0,510	1,997	0,612	Non
AB ~ Ant	-0,706	-0,290	1,997	0,773	Non
Ant ~ BEO	-3,179	-1,306	1,997	0,196	Non
Ant ~ Gmet	-3,074	-1,263	1,997	0,211	Non
Ant ~ EOZ	-0,536	-0,220	1,997	0,827	Non
EOZ ~ BEO	-2,643	-1,086	1,997	0,281	Non
EOZ ~ Gmet	-2,538	-1,043	1,997	0,301	Non
Gmet ~ BEO	-0,105	-0,043	1,997	0,966	Non

Tableau 107 Classement et regroupements des groupes non significativement différents :

Modalités	Moyenne	Regroupements	
Gman	10,207	A	
AB	11,891	A	B
Ant	12,596	A	B
EOZ	13,132	A	B
Gmet	15,670		B
BEO	15,775		B



BLOC1



BLOC2



BLOC

Photos des familles au stade développement végétatif

AB :



ANT :



BEO :



EOZ :



GMAN :



GMET :





# Références bibliographiques

[Sélectionnez la date]

**Agastian P., Kingsley S.J., Vivekanandan M. (2000):** effet of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes photosynthetica 38,287-290.

**Ashraf M., Foolad M. R. (2007):** Role of glycine betaine and protein in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59. pp 206-216.

**Ashraf, M (1994)** breeding for salinity tolerance in plantes - Crit.Rev.plant Sci 13:17-42, a

**Ashraf, M (2004)** somme important physiological criteria for salt tolerance; flora review.199:361-376,

**Ashraf, M., Foolad M.R.( 2005):** Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy, 88: 223-271.

**Aubert G, (1978)** méthodes d'analyse des sols.Ed CRDP, marseille:189P

**Aubert G,** les sols sodiques en Afrique du nord .Ann l'INA, Alger -6(1), 185-195

**Arbaoui M., Benkhelifa M., Belkhodja M. (2000):** Réponses physiologiques de B41 quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. Option méditerranéenne. Pp.267-270.

**Aydin A., Tusan M., sezen Y. (1997):** Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach ( Spinacea oleracea) and bean (Phaseolus vulgaris)

**Ayers R Et Wescott D.V(1984)** la qualité de l'eau dans l'agriculture.bull.Irrg.drai FAO, 67P

**Bayelo-Jiménez S.J., Debouk D.G., Lynch J.P. (2003):** Growth, gas exchange, water relations and ion composition of Phaseolus species grown under saline conditions. Field crop research. Vol.80,Issue.3, pp.207-222.

**Bayuelo-Jiménez J., Debouck D.G., Lynch J.P.(2002):** Salinity tolerance in Phaseolus species during early vegetative growth. Crop Science. Pp.2184.

**Bayuelo-Jiménez J., Debouck D.G., Lynch J.P.(2002):** Salinity tolerance in Phaseolus species during early vegetative growth. Crop Science. Pp.2184.

Ben Khaled A., Morte Gomez A., Honrubia M., Oihabi A. (2003): Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. Agronomie.Vol.23, N°7, pp. 553-560.

**Ben Nacer M., Cheikh-M'hamed H., Maalem S., Rahmoune C. (2005):** Les indicateurs précoces de la tolérance à la salinité 1er Colloque Euroméditerranéen de Biologie Végétale et Environnement, Annaba 28-30 Novembre 2005.

ben naceur M. contribution à l'évaluation du degré de résistance aux contraintes hydriques (secheresse et excès d'eau) chez l'orge (hordeum vulgare.L) et la fétuque (fetuca arundinacea schreb.) thèse de doctorat d'état, 1-13.

**Bernstein (1963)** Osmotic adjustment of plants to saline media. *Dynamic phase ANN. Jbot.* 50:360-370;

**BURINGH, P (1978)** Food production potential of the world. . In: Radhe Sinha Ed. *The World Food Problem; Consensus and conflict*. Pergamon Press. Pp. 477 – 485,.

**Cachorro P., Ortiza A., Cerda A. (1993):** Effects of saline stress and calcium on lipid composition in bean roots. *Phytochemistry* vol. 32, no5, pp. 1131-1136.

**CARTER, D.L. and FANNING, C.D.( 1964)** Combining surface mulches and periodic water applications for reclaiming saline soils. *Soils Sci. Soc. Amer. Proc.* 28; 564 – 567,.

**Chartzoulakis K., Klapaki G.( 2000):** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.* 86, 247–260.

**Cramer G.R, Lauchia, Polito V.S(1985)** displacement of  $Ca^{++}$   $Na^{+}$  from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress. *Plant physiology.* 79:207-211

**Cramer GR. (2002):** Sodium-calcium interactions under salinity stress. In:“Salinity. Environment-Plants-Molecules”. Eds. A. Läuchli and U. Lüttge. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 205-227.

**Daoud Y Et Halitim A (1994):** irrigation et salinisation au sahara Algérien. *secheresse* N°3. Vol5:pp150-160

**Davenport, R,J; Reid, Rj & Smith,F.A(1997)** sodium calcium interaction in two wheat species differing in salinity tolerance- *physiol plant.* 99:323-327

**Duchaufour Ph P (1992)** *édologie. Sol, Végétation, Environnement. . , Ed. Masson, 1995. Environnement et développement rural, Guide de la gestion des ressources naturelles, BDPA - SCETAGRI. Sous la direction de P. GENY, P. WAECHTER, A. YATCHINOVSKY. Ed. Frisson – Roche.*

**D. HILLEL. FAO, 1997** *La petite irrigation dans les zones arides. Principes et options*

FAO Irrigation and drainage paper 48, 1992.

FAO Sols bulletin n° 25. Sandy soils. Report of the FAO/UNDP seminar on reclamation and management of sandy soils in the Near East and North Africa, held in Nicosia in December 1973.

**Gillier p., Silvestre p. (1969).** - T, 'aracliide (Collect. Techniques Agricoles et Productions tropicales), Maisonneuve et Larose Edil. Paris, 292 p

**Gomez-Cadenas A., Arbona V., Jacas J., PrimoMillo E., Talon M. (2002):** Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *J. Plant Growth Regu.* 21, 234–240.

**I.P B7 J.S.P. YADAV, F.I. MASSOUD (1988)** Salt – Affecté Soils and their management. ,  
FAO Soils Bulletin 39,.

**IPTRID (2006)** conférence électronique sur la salinisation .extension de la salinisation et  
stratégie de prévention et réhabilitation p2:11.

**J.D. RHOADES, A. KANDIAH, A.M. MASHALI (1992)** The use of saline waters for crop  
production. . FAO Irrigation and drainage paper 48.

**Khan M.A., Shirazi M.U., Ali Khan M., Mujtaba S.M., Islam E., Mumtaz S.,Shereen A.,  
Yasin Ashraf M. (2009):** Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance  
of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot., 41(2): 633-638.

**Lauchli,A.(1990)** calcium, salinity and the plasmamembrane. In Leonard,RT helper, PK(Eds),  
calcium in plant growth and developpement;Am Soc. Plant pysiol.symp.ser, vol4, pp.26-35

**Levitt,J.(1980)** responses of plants to environmental stresses.VolIII. Water , radiation,saltand  
other stresses.2nd eddition-acad.Pr, new york

**Madhava Rao K.V ., Raghavendra A.S., Janardhan Reddy K. (2006):**Physiology and  
Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. P41-99.

**Maillard J. (2001):** Le point sur l’Irrigation et la salinité des sols en zone aride :Risques et  
Recommandations. Handicap International. Novembre 2001. 35p

**Marschner,H.(1995):**mineral nutrition of higher plants.-Acad.Pr London.

**Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A. ( 2001):** Contribution of proline and  
inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24, 599–612.

**Messedi D., Slama I., Laabidi N., Ghnaya T., Savoure A., Soltani., Abdelly C. (2006):**  
Effect of nitrogen deficiency, salinity and drought on proline metabolism in *Sesuvium*  
*portulacastrum*. Biosaline Agriculture and Salinity Tolerance in Plants. Pp.65-72.

**Munns R., Husain S., Rivelli A.R., James R.A., Condon A.G.T, Lindsay M. P.,Lagudah  
E.S., Schachtman D.P., Hare R. A. (2002):** Avenues for increasing salt tolerance of crops,  
and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil 247: 93–105.

**Mustafa Ait Haddou M., Bousrhal A., Benyahia H., Benazzouz A. (2002):** Effet du stress  
salin sur l'accumulation de la proline et des sucres solubles dans les feuilles de trois porte-  
greffes d'agrumes. Fruits. Vol. 57, no5-6, pp. 335-340.

**Olsen S.R, Watanbe F. S. (1979) :** Interaction of added gypsum in alkaline soils with uptake  
of iron, molybdenum, manganese and zinc by sorghum. Soil Sci Soc Am J 43:125-130.

**Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M,Kangasjarvi J,  
Jiang X, Polle A. (2005):** *Populus euphratica* Displays Apoplastic Carbohydrates, and  
Develops Leaf Succulence under Salt Stress. Plant Physiology,

**Parida A., Das A.B., Das P. (2002):** NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove *Bruguiera arviflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.* 45, 28–36.

**Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* Vol.60, pp. 324-349.

**Rains,D.W.(1972)** salt transport by plants in relation to salinity- *Ann.Rev.plant physiol.*23:367-388

**MAAS E.V. (1986)** :Salt tolerance of plants. *Applied agriculture research* 1: 12 - 26

**Schilling.R. (1996)** : L'arachide en Afrique tropicale Maisonneuve & Larose 171p

**Snoussi S., Halitim A., Valles V. (2004):** Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Cahiers Agricultures.* Vol.13, N° 3, 283-287

**Wang G. Z., Li P.H., Fredricksen M., Gong Z-Z., Kim C. S., Zhang C., Bohnert H. J., Zhu J.-K., Bressan R. A., Hasegawa P. M. Zhao Y-X., Zhang H. (2004):** Expressed sequence tags from *Thellungiella halophila*, a new model to study plant salt-tolerance. *Plant Science.* Vol. 166, N°3, pp. 61-71.

**Wang Y., Nil N. (2000):** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.

**Wang, W.X., Vinocur, B., Shoseyov, O. and Altman, A. (2001):** Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Hort* 560: 285-292

**Wenxue,W;Bilsborrow, P.E;Hooley,P;Fincham, D.A;lombi,E & Forester,B.P (2003):** salinity inducees in growth,ion distribution and partitioning in barley between the cultivar maythorpe and its derived mutant Golden promise.-*plant soil* 250p; 183-191

**Wyn joens.R. G.& lunt,O.R(1967)** the function of calcium in plants-Bot.Rev.33:407-426.

.

**Zhu, J-K (2002):** Salt and drought stress signal transduction in plants. *An. Rev. Of Plant Biol.* 53: 247- 73.

**Zhu J.K. (2003):** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6, 41–45