

N° d'ordre...

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Département des Sciences de l'Environnement

# ***THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES***

Spécialité : Environnement

Option : *BIODIVERSITE VEGETALE ET VALORISATION*

Intitulé

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'AUTO ECOLOGIE ET DE LA  
VARIABILITE GENETIQUE INTRASPECIFIQUE CHEZ  
*Ammophila arénaria. (L.)* DANS LA REGION OUEST  
DE L'ALGERIE.**

*Présentée par :*

Mme MOURI CHARAF

Soutenue le : / /2015

Membres du jury

<i>Président de jury :</i>	Mr. LOTMANI Brahim	Professeur, Université de Mostaganem
<i>Examinatrice :</i>	Mme. BESSAM Hassiba	MC(A), Université de Sidi Bel-Abbès
<i>Examineur :</i>	Mr. ADDA Ahmed	Professeur, Université de Tiaret
<i>Directeur de thèse :</i>	Mr. BENHASSAINI Hachemi	Professeur, Université de Sidi Bel-Abbès

**Année universitaire 2014- 2015**

## **REMERCIEMENTS**

*Je suis particulièrement sensible à la confiance que Monsieur Hachemi BENHASSAINI, Professeur à l'UDL de sidi bel ABBES, m'a accordée en acceptant de diriger ce travail. Son accueil toujours attentif et bienveillant, ses conseils judicieux et son appui ont été des encouragements décisifs. Qu'il soit assuré de ma profonde gratitude et de ma reconnaissance.*

*J'exprime mes plus vifs remerciements à Monsieur LOTMANI Brahim, Professeur à l'université de Mostaganem pour l'honneur qu'il m'a fait de présider le jury de cette thèse.*

*Je tiens à présenter mes remerciements et ma grande estime à Madame BESSAM Hassiba, Maître de conférences (A) à l'université Djillali Liabès de Sidi Bel-Abbès, qui a accepté de participer à ce jury et d'examiner ce travail.*

*J'adresse mes remerciements les plus sincères à Monsieur ADDA Ahmed, Professeur à l'université de Tiaret, qui a accepté d'examiner ce travail, je lui exprime ma gratitude et ma reconnaissance.*

*Je tiens à remercier également :*

*Toute personne qui de près ou de loin m'a aidé pour réaliser ce travail, plus précisément Dr. BENDIMERED qui a tout donné pour moi.*

*Toute l'équipe du laboratoire de Physiologie végétale de Monsieur BELKHODJA(ES-SENIA) et surtout Mademoiselle Asma ACHOUR qui m'a toujours encouragé et aider à réaliser une partie de la partie pratique de ce travail. Aussi, à toute l'équipe du professeur ROUMANE (Laboratoire de chimie organique appliquée. Université de Marrakech) ou j'ai pu effectuer une autre partie de mon travail et enfin mes remerciements sont adressées d'une façon particulière à toute l'équipe du professeur ADDA de l'université de Tiaret (Laboratoire d'agro biotechnologie et de nutrition en zones semi arides) qui m'ont aidé à achever ce travail et qui ont été toujours là à chaque fois que j'avais besoins d'eux.*

*Mr KHEDIM Abderezak de l'Université d'Alger pour toute la bibliographie qu'il m'a envoyée.*

*Ma meilleure amie Sali qui a toujours été à mes côtés et m'a toujours encouragé pour aller de l'avant.*

*J'exprime une reconnaissance toute particulière à mes chers parents pour leur soutien et leurs prières, à mon mari et mes adorables enfants Wafaa, Mounir et Hadjar pour leur patience.*

*Mes remerciements sont adressés aussi à mes sœurs Fatima Zohra et Chahra pour tout conseil et toute réflexion, mon frère Nadir, à tous mes neveux et toutes mes nièces, à mes beaux-parents, à ma belle-sœur Nabila et sa petite famille qui m'encourageaient tout le temps.*

**Mme MOURI BEKKHOUCHA Charaf.**

**Titre :** Contribution à l'étude de l'auto écologie et de la variabilité génétique intra spécifique chez *Ammophila arenaria* (L.) Link dans la région ouest de l'Algérie

**Résumé :**

Notre travail de recherche rentre dans le cadre de la connaissance et de la valorisation pour la protection des ressources naturelles et du patrimoine des différents écosystèmes de notre pays. Notre étude s'est penchée sur un espace naturel ayant une importance privilégiée et peu valorisé, représenté par celui des dunes du littoral de l'ouest algérien qui fait partie des lieux prioritaires pour la conservation de la biodiversité. La présente étude s'est intéressée à une graminée qui est la plus caractéristique de cet écosystème, l'oyat (*Ammophila arénaria* (L.) Link) qui présente une combinaison de plusieurs modes d'adaptation pour faire face aux contraintes environnementales auxquelles cette espèce est confrontée durant tout son cycle de développement.

L'évaluation et la connaissance des concentrations de la proline, des sucres solubles et des éléments minéraux a pour but d'établir un profil biochimique en relation avec la haute performance de cette espèce psammophile, halophile et xérophile dans l'ajustement aux contraintes de son milieu naturel.

La mise en évidence d'osmoprotecteurs, indicateurs physiologiques et biochimiques d'ajustement et marqueurs métaboliques de résistance aux stress environnementaux a révélé que l'Oyat synthétise naturellement et que l'accumulation la proline et les sucres solubles au niveau des organes étudiés (les feuilles la tige, le rhizome) durant les 4 saisons de l'année et les taux varient en fonction de l'organe, les saisons et l'âge du végétal ; le taux le plus fort des deux substances est noté dans les feuilles les plus âgées et durant les saisons les plus chaudes et sèches de l'année. Les caractéristiques ioniques d'*Ammophila arénaria* diffèrent selon l'organe et l'âge de la plante et cela en prenant en considération les facteurs de stress que subit cette plante. Les résultats obtenus concernant le dosage des éléments minéraux montrent que le rapport  $K^+/Na^+$  est plus élevé dans la partie aérienne que dans la partie rhizomateuse ce qui implique que la sélectivité dans la partie est en faveur du potassium.

L'application de la technique ISSR sur les échantillons de feuilles de l'espèce étudiée a révélé qu'il est possible de démontrer une variabilité intra spécifique de l'oyat prélevée de deux sites géographiquement éloignés. Nos résultats sur la diversité génétique de la population d'*Ammophila arénaria* pourrait être important pour comparer les études écologiques dans différentes populations de cette espèce et pour planifier la régénération et la restauration de la végétation des dunes.

**Mots clés :** *Ammophila arénaria* –Organes-Accumulation-Proline-Sucres solubles-Eléments minéraux- Variabilité génétique.

**Title:** CONTRIBUTION TO AUTO ECOLOGY STUDY AND THE INTRA SPECIFIC GENETIC VARIABILITY AT *AMMOPHILA ARÉNARIA* (L.) LINK IN WESTERN ALGERIA

**Summary:**

The western coast contains several dune formations representing the strongest link of the dynamic and ecological equilibrium of the whole western coastal system. The dune ecosystem shelters original fauna and flora having particular characteristics of adaptation. This research paper deals with poaceae species psammophile, xerophile and halophile : Oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link. This plant combines several adaptation modes to confront the environment constraints (drought, salinity) during its development cycle.

To adjust the extreme situations of its habitat, the species synthesizes from the osmoprotectors which are physiologic and biochemical indicators of tolerance, our research concerns the proline and the soluble sugars which are metabolic indicators of the plant standing up to the environment stress. The proline and the soluble sugars were analyzed in young and old plants during the four year seasons. The results show that the accumulation of the proline and the soluble sugars change depends on the seasons, the organs and the plant age.

Ionic characteristics of *Ammophila arenaria* differ according to the plant organ and age, taking into consideration stress factors that this plant undergoes. The obtained results of mineral elements show that the relationship  $K^+/Na^+$  is higher in the aerial part than the underground part which implies that the selectivity at the aerial part is in favour of potassium. The studies related to physiological mechanisms implied in the stress tolerance, show that the selectivity maintaining between sodium and potassium, the glucidic and prolinic adjustments of metabolisms and the aptitude to divide the accumulated solutions are among the necessary conditions to the survival in the milieu confronted to stress.

The implementation of the ISSR technique on the leaf samples of *Ammophila arenaria* revealed that it is possible to show an intraspecific variability. Our results concerning genetic variability of *Ammophila arenaria* population could be important to compare the results of the ecological studies in different population of *Ammophila arenaria* and to plan dune vegetation regeneration and restoration.

**Key words:** *Ammophila arenaria*- accumulation- proline- soluble sugar- mineral elements- genetic variability- organs

العنوان. المساهمة في دراسة البيئة النباتية و التنوع ضمن النوعي الجيني للسبط (*Ammophila arenaria* (L.)) في مناطق الغرب الجزائري.

#### الملخص

إن ساحل غرب الجزائر يتميز بكتل هضبية ذات أهمية بيئية بالغة بدون منازع و التي تعتبر حلقة قوية في سلسلة التوازن الحركي لساحل الوطن ككل. يحتوي النظام البيئي الهضبي على ثروة حيوانية و نباتية مميزة و التي تتأقلم بصفة جيدة و فعالة مع محيطها. دراستنا هذه تركزت حول النجالية المميزة لهذا المحيط البيئي ألا و هي السبط "*Ammophila arenaria* (L.)" و التي تقدم مزيج عدة نظم و وضعيات تكيف لمواجهة صعوبات بيئية خلال دورة نموها.

بههدف انشاء مخطط بيوكيميائي له علاقة بفعالية هذه النبتة الرملية الملحية و الجافة في تعديل ضغوط الوسط الطبيعي عملنا من خلال دراستنا على تقويم و معرفة تراكيز البرولين السكريات المنحلة و الأملاح المعدنية و التي تعتبر المؤشر الفيزيولوجي و البيوكيميائي للتكيف و مقاومة الإجهاد البيئي. كشفت دراستنا أن هذه النبتة تفرز بصفة طبيعية و تراكم الحمض الأميني البرولين و السكريات المنحلة على مستوى الأعضاء التي تطرقنا لها من خلال بحثنا و هي الأوراق، السيقان و السيقان تحت الأرضية خلال الفصول الأربعة و أن الكمية المتراكمة تتغير بدلالة العضو، الفصل و سن النبات. تجدر الإشارة أن الكمية أكثر إفرازا للمركبتين (للمادتين) كانت على مستوى الأوراق المسنة و كان ذلك خلال الفصلين الأكثر حرارة و جفافا.

المميزات الأيونية للسبط تختلف على حسب عضو و سن النبتة و هذا بأخذ بعين الاعتبار عوامل الإجهاد التي تتعرض لها هذه النبتة.

تبين النتائج المحصل عليها فيما يخص العناصر المعدنية من خلال دراستنا ان العلاقة البوتاسيوم/الصوديوم مرتفعة في الجزء الخضري أكثر من الجزء الأرضي مما يعني أن الانتقائية في الجزء الخضري لصالح البوتاسيوم . ان الدراسات المنسوبة للتقنيات الفيزيولوجية المهمة بتحمل الإجهاد تبين أن استبقاء الانتقائية بين الصوديوم و البوتاسيوم , تعديل عمليات الأيض الغلوسيدي و البروليني و القدرة على تجزئة الجزئيات المذابة المتراكمة و هي من بين الشروط اللازمة للعيش في وسط مواجه للإجهاد.

ان تطبيق تقنية ISSR على عينات من أوراق السبط كشفت على أنه من الممكن أن نبرهن على وجود تباين ضمنى ونوعى.

النتائج المتحصل عليها فيما يخص التباين الجيني للسبط يمكن أن تكون جد مهمة في المقارنة بين نتائج الدراسات الايكولوجية لمختلف مجموعات السبط المتواجدة و لتخطيط كيفية تجديد و استعادة الحياة النباتية في الكثبان الساحلية.

الكلمات المفتاحية السبط - الأعضاء - التراكم - برولين - السكريات المنحلة - الأملاح المعدنية - التباين الجيني .

## **LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES**

<b>°C :</b>	<b>degré Celsius</b>
<b>% :</b>	<b>pourcentage</b>
<b>PM :</b>	<b>poids moléculaire</b>
<b>PS :</b>	<b>poids sec</b>
<b>mM :</b>	<b>milli moles</b>
<b>ml :</b>	<b>millilitre</b>
<b>µg :</b>	<b>microgramme</b>
<b>µl :</b>	<b>microlitre</b>
<b>g :</b>	<b>gramme</b>
<b>h :</b>	<b>heure</b>
<b>mn :</b>	<b>minutes</b>
<b>nm :</b>	<b>nanomètre</b>
<b>Fa :</b>	<b>feuilles âgées</b>
<b>Fj :</b>	<b>feuilles jeunes</b>
<b>T :</b>	<b>tiges</b>
<b>Ta :</b>	<b>tige âgée</b>
<b>Tj :</b>	<b>tige jeune</b>
<b>Rh :</b>	<b>rhizome</b>
<b>A :</b>	<b>automne</b>
<b>H :</b>	<b>hiver</b>
<b>P :</b>	<b>printemps</b>
<b>E :</b>	<b>été</b>
<b>NaCl :</b>	<b>chlorure de sodium</b>
<b>H<sub>3</sub> PO<sub>4</sub> :</b>	<b>acide ortho phosphorique</b>
<b>NaPO<sub>4</sub> :</b>	<b>phosphate mono sodique</b>
<b>CH<sub>3</sub>COOH :</b>	<b>acide acétique glacial</b>
<b>HPLC :</b>	<b>High performance liquid chromatography</b>
<b>LEA :</b>	<b>late embryogenesis abundant.</b>
<b>ICP :</b>	<b>Inductively coupled Plasma</b>
<b>CCD :</b>	<b>Couplage Charge Device</b>
<b>ISSR :</b>	<b>Inter Simple Sequence Repeats</b>
<b>PCR :</b>	<b>Polymerase Chain Reaction ou Réaction de polymérisation en chaîne</b>
<b>CIRAD :</b>	<b>Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.</b>
<b>ADN :</b>	<b>Acide désoxyribonucléique</b>
<b>QTL :</b>	<b>Quantitative Trait Loci</b>
<b>RADP :</b>	<b>Randomy Amplified Polymerisation DNA</b>
<b>REL P :</b>	<b>Restriction Fragment Length polymorphism</b>
<b>SSR :</b>	<b>Simple sequence repeat</b>
<b>APG :</b>	<b>Angiosperm Phylogeny Group</b>

## LISTES DES FIGURES ET TABLEAUX

- Figure 1** La formation d'un système dunaire est due à l'action réciproque de trois composantes
- Figure 2** L'oyat dans son milieu naturel
- Figure 3** Feuille de l'oyat
- Figure 4** Face externe et interne de la feuille de l'oyat
- Figure 5** Tige de l'oyat
- Figure 6** Inflorescence de l'oyat
- Figure 7** Rhizome de l'oyat
- Figure 8** Distribution of *A. arenaria* in the Northern Hemisphere
- Figure 9** Structure chimique de la proline
- Figure 10** Conversion de la proline en glutamate
- Figure 11** Structure de quelques carbohydrates
- Figure 12** Les fonctions de la plante
- Figure 13** Transport des éléments minéraux
- Figure 14** Modalités d'absorption des éléments minéraux
- Figure 15** Un brin d'ADN
- Figure 16** Principe de la PCR
- Figure 17** Vue satellitaire du site de prélèvement
- Figure 18** Variations des précipitations annuelles moyennes de séries de 5 années consécutives pour la période de 1924 à 2011
- Figure 19** Variations annuelles des températures moyennes mensuelles  $(M+m)/2$  et extrêmes (minimales(m) et maximales (M) période de 48 ans (région ouest du littoral oranais)
- Figure 20** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la station de Cap falcon (période de 1963 à 2011)
- Figure 21** Touffes âgées ( $\rightarrow$ ) et jeunes ( $\rightarrow$ ) de l'oyat dans son site naturel (Dune de Bomo et Terga)
- Figure 22** Les différents organes de l'oyat récoltés pour les dosages de la proline, des sucres solubles et les éléments minéraux (partie aérienne et souterraine)
- Figure 23** Sites d'échantillonnage des individus de l'oyat (partie variabilité génétique)
- Figure 24** Variation des teneurs moyennes en proline dans les quatre organes de l'oyat pour chaque saison
- Figure 25** Variation des teneurs moyennes en sucres solubles dans les quatre organes de l'oyat pour chaque saison
- Figure 26** Variation saisonnière des teneurs moyennes en proline pour chaque organe de l'oyat
- Figure 27** Variation saisonnière des teneurs moyennes en sucres solubles dans chaque organe de l'oyat
- Figure 28** Dendrogramme interprétatif des matrices des corrélations à partir de l'indice de Pearson des résultats obtenus sur la variation saisonnière des teneurs en proline et en sucres solubles dosés sur les différents organes de l'oyat
- Figure 29** Diagramme récapitulatif des corrélations bilatérales des éléments minéraux de l'oyat.
- Figure 30** Bandes d'amplification ISSR pour les individus d'*Ammophila arenaria*.(L) prélevés de deux stations (Bomo et Terga).

## TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Résumés français, anglais, arabe	
Listes des abréviations et acronymes	
Listes des figures et tableaux	
Introduction Générale	1

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>Chapitre I : Ecosystèmes dunaires littoraux</b>	<b>4</b>
I-1- Ecologie du système dunaire	5
I-2-Ecosystèmes dunaires littoraux en Algérie	7
I-3- Ecosystèmes dunaires du littoral en Algérie nord occidentale	9
I-4- Aménagement du littoral	10
<b>Chapitre II : Biotope de l'oyat</b>	<b>11</b>
II-1- Caractères botaniques et biologiques de l'oyat ( <i>Ammophila arenaria</i> (L.) Link.)	11
II-1-1- Caractères botaniques	12
a- Description de l'espèce	12
b- Classification de l'oyat et aperçu sur la position des Poacées dans les principaux systèmes de classification	15
II-1-2- Caractères biologiques et reproduction	19
a- La croissance	19
b- La reproduction	19
II-2- Répartition	19
II-3- Ecologie de l'oyat	21
II-3-1- Adaptation de l'oyat	22
a- Résistance à l'ensablement	22
b- Résistance à la sécheresse	22
c- Résistance à la salinité	22
d- Résistance au vent	23
II-4- Importance de l'oyat	24
a- Importance écologique	24
b- Importance économique	24
<b>Chapitre III : Ecophysiologie des espèces psammophiles, xérophiles et halophiles</b>	<b>25</b>

III-1- Les xérophytes	25
III-2- Les halophytes	26
III -3-Les psammophytes	26
III-4- Les stress abiotiques et les adaptations biochimiques	27
III-4-1- Le stress hydrique	28
III-4-2- Stress thermique	29
III-4-3- Le stress salin	30
III-4-4- Les adaptations	31
a-Accumulation de la proline	31
b-Accumulation des sucres solubles	31

## **Chapitre IV : Osmolytes cellulaires (proline et sucres solubles) 33**

IV -1- La proline	33
IV-1-1- Facteurs induisant l'accumulation de la proline	34
a- Les facteurs climatiques	34
b- Effet de stress	34
IV-1 -2- Autres facteurs	35
IV -1-3- Rôle de la proline	35
IV-2- Les sucres solubles	37

## **Chapitre V : Les éléments minéraux 40**

V-1- Rôle des éléments minéraux dans la croissance et le développement des plantes	40
V-2- Influences des facteurs et des conditions du milieu	40
a- Les macroéléments	43
b- Les oligoéléments	46
V-3- Modalités et destinée des ions absorbés	47
V-4 - Le stress nutritionnel	49

## **Chapitre VI : Biodiversité et Variabilité génétique 50**

VI-1- Introduction	50
VI-2- Diversité génétique	51
VI-2-1- Historique et définitions	51
VI-3- Variabilité génétique	53
VI-3-1- La variabilité génétique dans les populations naturelles	54
VI-3-2- Déterminisme des variations	55
VI- 3-3-Méthodes d'études de la variabilité génétiqu	55
VI-3-3-1- Les marqueurs moléculaires	55

a- Définition des marqueurs moléculaires	56
b- Les marqueurs ISSR (Inter Simple Sequence Repeat)	58
c- Réaction de polymérisation en chaîne PCR	58

## **Chapitre VII : Contexte écologique du site de prélèvement des échantillons de la plante** **60**

VII-1- Situation géographique et administrative	60
VII-2-Le site du point de vue géographique et géomorphologique	61
VII-3-Le site du point de vue édaphique	62
VII-4-Climat et bioclimat	62
VII-5-Le site du point de vue floristique	67

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **MATERIEL ET METHODES** **69**

I-Matériel	69
I-1-Matériel végétal	69
II- Méthodes	70
II-1- Préparation des échantillons de la plante	70
II-2 Extraction et dosage de la proline	72
a-Extraction	72
b-Dosage	72
II-3 Extraction et dosage des sucres solubles	73
II-4-Traitement des données	73
II-5 Le dosage des éléments minéraux	74
a-Matières minérales	74
b- Minéralisation simple	74
c-Traitement de données	75
II-6 Etude de la variabilité génétique par utilisation du marqueur moléculaire (ISSR)	75
II-6-1 Matériel végétal	75
II-6-2 Extraction de l'ADN	76
II-6-3 Choix des amorces pour les réactions ISSR	77
II-6-4 L'amplification de l'ADN	78
II-6-5 Migration des amplifiées sur gel d'agarose	78

### **RÉSULTATS ET DISCUSSIONS** **79**

I- Résultats	79
I-1 - Variation des teneurs de la proline et des sucres solubles dans les organes de l'oyat en fonction des saisons	79
I-1-1. Variation de la teneur en proline et en sucres solubles des différents organes par saison	79

I-1-2-Variation des teneurs en proline et en sucres solubles du même organe pendant les quatre saisons	83
I-2- Caractérisation minérale des différents organes de l'oyat	88
I-3- Variabilité génétique des deux populations de l'oyat prélevée dans les stations de Bomo et Terga	94
II- Discussions	96
Conclusion générale	111
Références bibliographiques	113
Annexes	

## INRODUCTION GENERALE

Le substrat sableux de la partie continentale du littoral marin est loin d'être un biotope idéal pour les végétaux. Ils doivent déployer de nombreux caractères d'adaptabilité et développer des stratégies spécifiques de survie afin de palier à cinq contraintes majeures qu'ils affrontent :

- 1- La mobilité du sable, instable par essence, qui menace en permanence la plante de déchaussement ou d'ensevelissement.
- 2- La pauvreté en apports nutritifs des terrains sableux.
- 3- Le manque d'eau en surface, le sable étant extrêmement poreux, perméable et filtrant il ne peut retenir l'eau indispensable pour la végétation.
- 4- La salinité de l'eau ou des sols renforcés par les embruns chargés de particules de sels.
- 5- Les vents fréquents et souvent violents qui soufflent sur les côtes.

Nous considérons ces contraintes comme des paramètres de stress qui s'imposent en permanence aux composantes biocénétiques de ce type de milieu.

Bien que les effets des stress dépendent du stade de développement des plantes des conditions climatiques et édaphiques, plusieurs caractères physiologiques et biochimiques qui se manifestent sont directement corrélés à la tolérance aux stress (Zid et Grignon, 1991).

Les plantes qui poussent dans ces conditions extrêmes et précaires présentent un arsenal d'adaptations particulier. Ce n'est qu'à ces conditions qu'elles peuvent survivre. Le rôle de ces plantes est d'une importance sans égal dans ce type d'écosystèmes, elles colonisent les espaces sableux afin de les stabiliser et d'en fixer le substrat sans quoi il peut être remobilisé menaçant les zones voisines à savoir les habitations les champs cultivés, les routes etc., d'où la nécessité et le devoir de leur respect, de leur protection et leur valorisation. Tel est le cas pour l'Oyat (*Ammophila arenaria*).

Vu l'importance écologique de cette espèce et son caractère cosmopolite, la plupart des travaux de recherche ont porté essentiellement sur l'aspect phytoécologique et éco-physiologique, en occident, en Afrique du sud et en Australie et convergent pour la majorité vers la voie de la résolution de ce que les chercheurs appellent le « problème *Ammophila* » (Maun et Baye, 1989).

En Algérie, très rares sont les études qui portent sur cette espèce et pourtant elle est bien représentée dans tous les espaces dunaires du littoral, mais soumise à de nombreux délits d'origine surtout humaine.

Cette espèce nous intéresse à plus d'un titre : elle montre une très forte adaptation à son milieu, elle se développe avec une vigueur sans égal dans les dunes en cours de formation (Bendimered , 1997), c'est l'espèce pionnière des dunes vives, là où aucune autre espèce ne peut survivre dans les mêmes conditions .

Pour valoriser certains aspects de tolérance et de résistance aux pressions environnementales nous nous sommes intéressés à l'étude de cette espèce, à la fois psammophile, xérophile. L'aspect biochimique de l'adaptation aux facteurs extrêmes de son milieu nous a encouragés à entreprendre cette étude.

Parmi les buts recherchés à travers l'étude de telles espèces est : l'identification des espèces hyperproductrices de molécules d'intérêt et pouvant être des marqueurs chimiotaxonomiques potentiels de certains xérophytes et halophytes.

Le présent travail de recherche rentre dans le cadre de la connaissance et de la valorisation des espèces végétales pour la protection des ressources naturelles et du patrimoine des différents écosystèmes de notre pays. L'intérêt porté aux caractères physiologiques et biochimiques d'adaptation aux contraintes environnementales nécessite de notre part l'étude et l'analyse de l'accumulation des osmorégulateurs comme la proline et les

sucres solubles ainsi que la répartition des éléments minéraux pour pouvoir comprendre le comportement de telles espèces dans de tels biotopes.

L'adaptation peut être décomposée en deux mécanismes évolutifs distincts : la plasticité phénotypique et l'adaptation génétique. La plasticité phénotypique correspond à la capacité d'un organisme à modifier sa physiologie ou son développement en réponse aux changements environnementaux (Callahan *et al.*, 1997). Il s'agit essentiellement d'un mécanisme au niveau individuel. L'adaptation génétique est le résultat de l'action de la sélection naturelle qui augmente la fréquence des phénotypes les plus favorables à la survie et la reproduction (Montaigne, 2011). L'intérêt actuel porté à la biodiversité montre à quel point il est nécessaire de veiller au maintien d'une ressource génétique suffisamment large pour garantir l'adaptation des organismes face aux changements environnementaux directs et indirects. Il est admis que plus la diversité est grande dans un groupe d'individus plus il sera facile pour certains individus de s'adapter à de nouvelles conditions environnementales (Frankham, 2005). La diversité génétique est devenue alors un outil primordial pour définir des buts, des méthodes et des priorités dans des programmes de conservation (Stockwell *et al.*, 2003).

Pour maintenir la diversité génétique (intra et interspécifique), il est nécessaire de décrire la diversité actuelle à l'intérieur et entre les populations des espèces mais également la dynamique de cette diversité génétique afin d'appréhender les mécanismes de son évolution (Grivet, 2002).

Parmi les objectifs de ce travail est de connaître l'existence d'une éventuelle variabilité intra spécifique des populations de l'oyat prélevées de deux sites géographiquement différents. Cette variabilité est étudiée par la technique de l'ISSR qui se base sur l'amplification par PCR de l'ADN génomique moyennant des amorces spécifiques flanquant les séquences répétées (Budak *et al.*, 2003 in Bekhti, 2010).

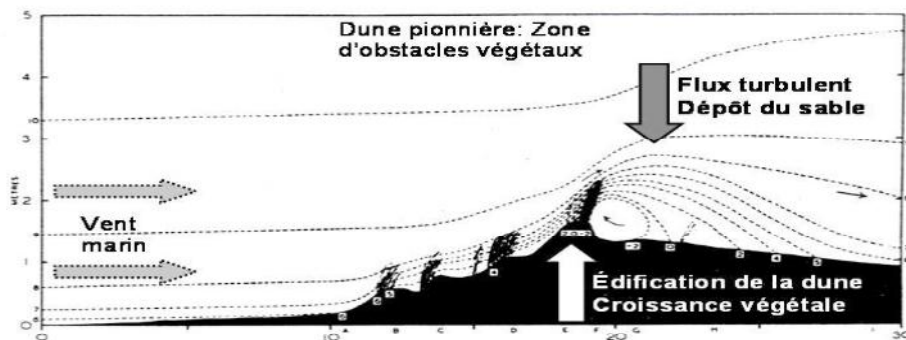
Notre travail est structuré comme suit : la première partie consiste en une synthèse bibliographique comportant sept chapitres traitant d'écosystèmes dunaires littoraux notamment à l'ouest algérien les caractères écologiques, botaniques et écophysologiques de l'espèce ayant fait l'objet de notre étude ensuite un volet traitant les osmoticum, les éléments minéraux et la variabilité génétique. La deuxième partie de ce travail est expérimentale présentant les méthodes, résultats et discussions avec conclusion et quelques perspectives.

## Chapitre I : Ecosystèmes dunaires littoraux

Les milieux sableux littoraux sont des faciès à composition faunistique et floristique très particulière, comportant de nombreux éléments spécialisés, adaptés à la fois à la granulométrie du substrat et à la teneur en sels de sodium plus ou moins forte. Ces milieux répondent donc à des exigences écologiques particulières. Ils sont ainsi très fragiles, pouvant être profondément bouleversés quand ils subissent des pressions ou des interventions anthropozoogènes (Soldati et Jaulin, 2002).

Les formations dunaires littorales montrent une succession d'habitats depuis la côte vers l'intérieur des terres. Ces habitats sont largement conditionnés par des facteurs écologiques comme le vent, la mobilité du sable, la salinité (dont les intensités décroissent du rivage vers l'intérieur), l'érosion et la sécheresse (Stambouli *et al.*, 2007).

La formation d'un système dunaire implique l'action réciproque du vent, du sable et des végétaux, c'est ce que l'on dénomme trinôme dynamique (Kim et Lumart, 1981). De cette interaction intime entre les facteurs physiques et les organismes vivants résultent une zonation typique où chaque peuplement est affecté par des forces différentes (Parisod et Baudiere, 2006). L'obstacle est constitué principalement d'une végétation adaptée à ce milieu à substrat mobile (Figure 1).



**Figure 1 - La formation d'un système dunaire est due à l'action réciproque de trois composantes (Corre, 1971 In Parisod, 2006).**

La formation des dunes est d'abord conditionnée par l'accumulation de sable, matière première du système. Ce matériau provient des roches arrachées aux montagnes et transportées par les fleuves et les courants marins (alluvions). La nature chimique du sable (calcaire ou siliceux) est tributaire des roches traversées par les fleuves qui alimentent le système. La nature physique dépend du régime fluvial et de la longueur du trajet effectué par les alluvions (Parisod, 2006).

Le second ingrédient nécessaire à la formation des dunes est le vent (Baudiere et Simmoneau, 1974). Sur les côtes, les vents de terre sont violents mais soufflant de l'intérieur vers la mer, traversant des régions fixées par la végétation. Ils sont peu riches en sable et ont une influence mineure sur le système dunaire. A l'inverse, les vents marins qui soufflent de la mer vers la terre sont de moindre intensité mais plus constants. Ils traversent la portion nue de la plage, la zone intertidale et celle où les vagues et tempêtes inhibent toute végétation et y arrachent la portion fine du sable qui pourra s'accumuler pour former les dunes (Baudiere et Simmoneau, 1974).

Pour que ce sable transporté par le vent se dépose et s'accumule, il est nécessaire qu'un obstacle se mette au travers du vent qui modifiera son flux, tourbillon. Les végétaux jouent ce rôle (Corre, 1983).

Le vent joue aussi un autre rôle particulier puisqu'il assure le transport du sable. Il entretient aussi une forte salinité sur les zones vers lesquelles il pousse des embruns et s'oppose ainsi à la croissance verticale des végétaux (Luttge *et al.*, 2002)

### **I -1- Ecologie du système dunaire :**

Le système dunaire est un écosystème dont la dynamique est le fait de l'action réciproque de facteurs physiques et d'organismes vivants végétaux. Depuis la mer jusqu'aux franges forestières, les complexes dunaires comportent successivement la plage, le haut de la plage, la dune embryonnaire, la dune vive ou blanche, la dune grise ou dune fixée (Doing, 1985 ; Hesp, 1988) .

- La plage nue : ne comportant pas d'organismes végétaux car la force mécanique des vagues et du vent empêche leur fixation.
- La dune pionnière (dune jaune) : supporte des organismes adaptés pour éviter l'enfouissement par le sable.
- La dune stabilisée (dune grise) : présente des organismes variés tolérant les conditions maritimes.
- La dune finale : stabilisée, comporte des organismes moins spécialisés ; sa composition floristique est dictée par la chimie du substrat et la compétition.

Les dunes peuvent être considérées comme un milieu sec (Lee et Ignaciuk, 1985) et les plantes devront y entretenir des relations étroites avec l'eau et l'atmosphère (Vega *et al.*, 2012).

La nature sableuse des sols des dunes a aussi une grande influence sur les peuplements végétaux qui doivent résister à de forts écarts thermiques en surface et à une migration très rapide de l'eau à travers le substrat vers les profondeurs. De plus, ces sables sont souvent pauvres en éléments nutritifs (lessivage et absence de colloïdes) et en matière organique, les sables des dunes contiennent aussi des grains de calcaires (Berghem, 2008)

Les espèces végétales des dunes sont pour ces raisons, souvent xérophiles à méso-xérophiles, calcicole (Zaffran, 1960). Les espèces salicoles seront bien représentées dans des endroits où principalement les eaux de pluie auront provoqué une forte décarbonatation du substrat. Tous ces facteurs écologiques très limitant concourent à créer des habitats originaux à haute valeur patrimoniale, principalement à cause des espèces qu'ils abritent. Ces dernières décennies sont des habitats menacés par les pressions touristiques (Messaoui, 2013).

Les hauts de plages ne sont jamais recouverts sauf par les fortes marées qui y laissent des cordons d'algues arrachées aux côtes rocheuses. Ces algues en se décomposant libèrent de l'azote qui permet à différentes halophytes annuelles de se développer (Floch et Leclerc, 2010).

La dune embryonnaire est la zone où le sable est très mobilisable par le vent. Cette zone n'est jamais directement affectée par l'eau de mer, même aux plus fortes marées, mais seulement par les embruns. Le sable, très mobile dépourvu de réserves, oblige les plantes à des adaptations particulières (résistance à l'enfouissement, succulence,...etc.). Ces plantes des sables mobiles sont souvent qualifiées de psammophiles (site web 1).

La dune mobile ou vive, encore appelée dune blanche correspond à un habitat où le sable très mobile est davantage retenu par une plus grande diversité de plantes psammophiles dont l'oyat (*Ammophila arenaria*. L). Une forme de fixation est déjà avancée de la dune blanche indiquant une zone où l'apport de sable nouveau est réduit (Géhu *et al.*, 1994).

Les dunes constituent un habitat naturel pour la protection des zones côtières. Elles tamponnent ainsi l'action érosive de la mer (Moulière et Barbel, 1999). En plus de leur fonction paysagère et leur fonction d'habitat pour de nombreuses espèces végétales et animales, les formations dunaires permettent également de protéger les terres et les infrastructures humaines (Paskoff, 1998). Mais les actions directes et indirectes de l'homme modifient l'agencement original de ces dunes (Corre, 1991).

## **I-2- Ecosystèmes dunaires littoraux en Algérie :**

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Plusieurs types d'écosystèmes méditerranéens sont présents : steppiques, sahariens, montagneux de l'atlas tellien et les écosystèmes dunaires littoraux.

L'importance des ressources biologiques au double plan écologique et économique n'est plus à démontrer. Base de la vie sur terre, ces éléments constituent la matière première nécessaire au développement. Malheureusement et suite à une longue histoire d'occupation humaine, l'Algérie ne renferme plus à l'heure actuelle, d'écosystème terrestre vierge d'action anthropique c'est-à-dire inaltéré par l'homme. En conséquence, les communautés végétales propres à ces écosystèmes ou ce qu'il en résulte ne sont plus qu'une pâle reflet de ce qu'elles étaient dans leurs conditions primitives (Doc1, 1997).

A la limite des milieux continentaux et marins c'est-à-dire dans les zones côtières, il existe une mosaïque d'écosystèmes terrestres et aquatiques qui malgré leur faible surface relative présentent un intérêt écologique (et très souvent économique) tout à fait exceptionnel.

Ces écosystèmes sont représentés dans la partie continentale par des systèmes de dunes littorales et de falaises rocheuses (Ghodbani, 2010).

Les écosystèmes terrestres côtiers abritent des communautés vivantes très spécifiques par suite des particularités micro-climatiques, topographiques et édaphiques qui les caractérisent (Quéguinier, 2009).

Les écosystèmes dunaires, ceux constitués par les falaises littorales, présentent un intérêt majeur au plan de la conservation des écosystèmes en méditerranée. Si les communautés vivantes inféodées aux faciès rocheux des cotes abruptes sont pour l'instant relativement moins menacées par la pression d'urbanisation et l'aménagement touristique du littoral, il en va tout autrement pour les écosystèmes dunaires. Dans la plus part des cas, les zones de dunes littorales ne sont pas actuellement abondantes. Elles abritent dans certains cas des phytocénoses limitées à un certain nombre de stations, parfois même endémiques (Ghodbani, 2010)

Les écosystèmes dunaires figurent également parmi ceux les plus menacés de disparition. Leur localisation en bord de plage les rend particulièrement vulnérables d'une part à cause du piétinement due à la sur fréquentation balnéaire, mais surtout par suite de leur destruction pure et simple sous l'effet d'aménagement touristique en bord de mer (Messaoui, 2013).

La végétation joue un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème dont elle constitue une expression du potentiel biologique. Cependant le couvert végétal naturel y est soumis à un double stress édaphoclimatique d'une part et anthropozoogène d'autre part (Bouchtata *et al.*, 2000).

La répartition du manteau végétal reflète à travers la zonation bioclimatique la variation latitudinale des facteurs et des éléments climatiques. La spécificité de la végétation (dunaire) est marquée par un fort endémisme d'une part et d'autre part, un certain nombre d'espèces très spécialisées se sont adaptées au géo-système dunaire alors que d'autres ont été introduites (Einstein, 2007).

A proximité immédiate du rivage, ce sont les facteurs de dynamique côtière (marée, salinité, tempêtes) qui déterminent une végétation homogène. Au fur et à mesure que l'on

s'éloigne de la cote, les conditions locales (climat et sol) reprennent le dessus et c'est pourquoi les groupements végétaux de l'arrière dune sont plus diversifiés (Stambouli et Bouazza, 2007).

Afin de fixer les sables mobiles, des espèces très spécialisées ont été sélectionnées, communément liées au milieu très spécialisés que sont les zones désertiques et semi désertiques. Ces espèces sont soumises à un déterminisme édaphique contraignant caractérisé par une majorité de thérophytes et d'hémicryptophytes, psammophiles et xérophiles (Hanifi, 2007).

Selon certains travaux récents, les espèces inventoriées dans les milieux dunaires du littoral d'Afrique du nord notamment le long de la cote algérienne et particulièrement dans les milieux dunaires embryonnaires vifs sont : *Agropyrum junceum* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link., *Anthemis marina* L., *Arenaria cerastioides* Poiret, *Asparagu acutifolius* L., *Calike maritima* Scop., *Chamaerops humilis* L., *Ephedra fragilis* Moris, *Medicago marina* L., *Phillyrea media* L., *Pistacia lentiscus* L., *Polygonum maritimum* L., *Quercus coccifera* L., *Retama monosperma* (L.) Boiss, *Smilax aspera* L., etc. (Quezel, 2002 ; Hanifi, 2006 ; Larid, 2006 ; Stambouli *et al.*, 2009 ; Bendimered, 2014).

### **I-3- Ecosystème dunaire du littoral en Algérie nord-occidentale :**

Le littoral nord-ouest de l'Algérie regroupe des villes importantes avec à leur tête Oran, deuxième ville d'Algérie par sa grandeur. L'urbanisation et le développement des activités économiques se sont accélérés ces dernières décennies et ont eu des impacts négatifs qui représentent actuellement des facteurs de risques qu'il faut gérer et maîtriser. La multiplicité des formes de dégradation de l'environnement nous renseigne non seulement sur le poids de l'action anthropique mais aussi sur la fragilité des écosystèmes composant le littoral. Cette fragilité des écosystèmes dans le littoral ouest de l'Algérie se manifeste à travers l'urbanisation et l'artificialisation de la cote, en plus de l'exploitation intensive des ressources naturelles comme le sable dunaire (Ghodbani, 2010).

Un grand nombre d'espèces citées ci-dessus sont présentes sur le littoral oranais afin de fixer le sable comme est le cas pour le cas pour *Ammophila arenaria* et *Retama monosperma* (Paskoff, 2005 ; Bourejda, 2013 et Bendimered, 2014).

#### **I-4- Aménagement du littoral :**

En Algérie, l'intérêt porté au littoral est récent, la loi relative à la protection et la valorisation du littoral date du 05 février 2002. Depuis, les pouvoirs publics ont consenti dans ce domaine des efforts effectifs et une politique très ambitieuse a été mise en œuvre. En effet des plans d'aménagement côtiers ont été lancés dans à travers plusieurs wilayas littorales du pays (Kacemi, 2011). Le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement de protection et de mise en valeur. C'est une zone de contact entre la terre et la mer qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité (Becet, 2000).

Pour que le littoral conserve sa productivité et ses fonctions naturelles, il faut donc améliorer la planification et la gestion de son développement. En effet, l'aménagement des zones littorales doit se fonder sur une base scientifique tenant compte de ses caractéristiques géomorphologiques et climatiques et conciliant les exigences des divers secteurs économiques dont la survie dépend des écosystèmes (Paskoff, 1993 ; Marcadon *et al.*, 1999).

Le plan d'aménagement côtier (PAC) conformément aux dispositions de la loi relative à la protection et à la valorisation du littoral (Article.2), dans les communes riveraines de la mer et afin de protéger des espaces côtiers, notamment les plus sensibles, il est institué un plan d'aménagement côtier qui comporte l'ensemble des dispositions fixées par les lois et règlements en vigueur. Les modalités de sa mise en œuvre sont contenues dans le décret d'application N<sup>o</sup> 09-114 du 07 Avril 2009 (Journal officiel algérien, 2009) (Annexe 01).

## Chapitre II : Biotope de l'Oyat

### I-1- Caractères botaniques et biologiques de l'Oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link.) :

Originaire de l'ancien monde, l'Oyat : *Ammophila arenaria* (L.) Link. est une plante vivace de la famille des Poacées. Elle croît sur les terrains sablonneux grâce à un système racinaire très profond (Figure 2). Plus ou moins répandue selon les zones, son développement est spontané et est utilisée dans la fixation des sables dunaires des littoraux. C'est une plante qui aime le sable (psammophile strict), elle est capable de supporter la sécheresse estivale très sévère dans les dunes et subit un ensablement pouvant aller jusqu'à 1m (Basflore, 2014).

Les Ammophilaies physiologiques s'observent en Europe occidentale et en Amérique Boréale ; en Afrique du nord entre les 30<sup>ème</sup> et 60<sup>ème</sup> parallèles de latitude Nord, c'est à dire du Nord des îles britanniques du sud de la Scandinavie et des pays Baltes, au Maghreb et à l'Égypte. Ces Formations végétales sont liées à la phase optimale de construction des dunes mobiles littorales par accumulation éolienne des sables maritimes. Sur les côtes peu alimentées en sables, elles se localisent exclusivement des les zones d'apport suffisant de particules sableuses (Gehu, 1998).

*Ammophila arenaria* (L.) Link. communément appelée oyat ou roseau de sable (Quezel et Santa, 1962), est désignée aussi par les noms vernaculaires suivants : Gourbet, Seboth, Neci, Rechig, dans le répertoire des noms indigènes des plantes Nord Africaine (Trabut, 1935) , et aussi par jonc des dunes, chiendent maritime, et élyme des sables car souvent confondue avec une autre espèce extrêmement proche morphologiquement et écologiquement : *Elymus farctus* ou *Elymus mollis* (Quezel et Santa, 1962).

L'espèce *Ammophila arenaria* (L.) Link. ou *Psamma arenaria* (Coste, 1937) d'Europe, est équivalente à *Ammophila breviligulata* Fern. de l'Amérique du Nord (Maun et Baye, 1989). *Ammophila baltica* L. est un hybride entre *Ammophila arenaria* (L) et *Calamagrostis epigeijos* L. (Maun et Baye.1989).

Selon les mêmes auteurs cités précédemment, *Ammophila arenaria* (L.) était connue avant 1920 par les synonymes suivant : *Arundo arenaria* Linn ; *Ammophila arundinaceae* Host, *Psamma littoralis* Beauv. ; *Calamagrostis arenaria* Roth., *Phalaris maritima* Nutt.

### I-1-1- Caractères botaniques :

#### a- Description de l'espèce :

L'espèce est décrite par un certain nombre de botanistes (L'Abbé Coste, 1937; Prer, 1942 ; Maire, 1953 ; Pavlik, 1983) comme étant une herbe vivace, rhizomateuse, poussant par touffes, et présentant les caractères suivants :



**Figure 2 - L'Oyat dans son milieu naturel (site Web 2)**

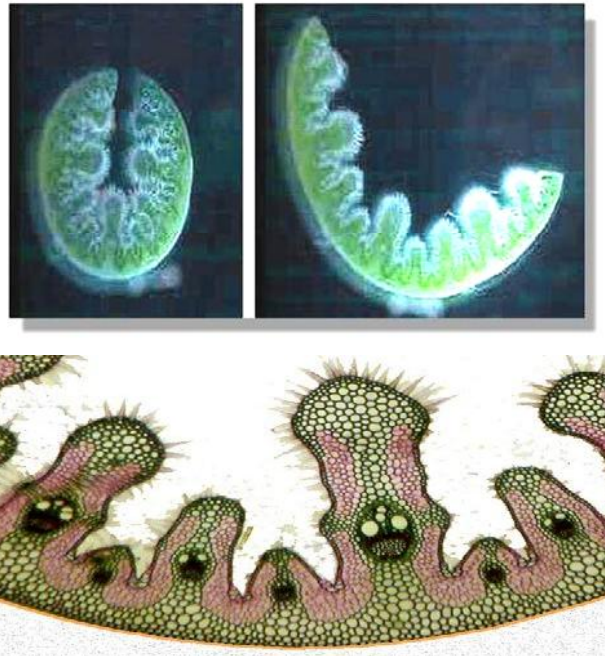
#### ➤ Partie aérienne :

Les feuilles sont vertes grisâtres, pointues et effilées, étroites et lisses et atteignent 60 cm de longueur, elles sont profondément sillonnées. A la base du limbe, la ligule est très longue (2,5cm), elle est étroite bifide et un peu sabre (Figure 3).



**Figure 3 - Feuille de l'Oyat (site web 3)**

Les feuilles de l'oyat ont la particularité de s'enrouler sur elles-mêmes afin de perdre le moins possible d'humidité par évapotranspiration (Figure 3). En effet, quand une plante transpire elle perd de l'eau par ses pores. L'oyat a la particularité de n'avoir des pores que sur la face interne des feuilles. De plus la face interne des feuilles est garnie de petits poils microscopiques capables de retenir et capter l'eau si rare et donc si importante. Enfin cette face interne est ondulée ce qui permet d'enfermer la vapeur d'eau contenue dans l'air maximum (Vignes P et Vignes D., 2011).



**Figure 4 - Face externe et interne de la feuille de l'Oyat (site web 4)**

La tige est raide et dressée pouvant atteindre 12 cm. La base de la tige est enveloppée par de nombreuses graines striées larges qui chevauchent (Figure.5). Les touffes (chaumes et feuilles) dépassent 1m de hauteur (Bendimered, 1997).



**Figure 5 - Tige de l'Oyat (site web 5)**

L'inflorescence est une panicule de grappes composées d'épillets. Elle est dense et articulée, fusiforme, cylindrique, lobée pouvant atteindre 30cm de longueur et 2cm de diamètre. Les épillets de couleur jaune paille, sont longuement pédicellés de 12mm de long, comprimés par le côté, uniflores et portent des poils. Les glumes sont subégales, aiguës, de même que les glumelles. La glumelle inférieure est échancrée au sommet (Figure 6).

Chaque fleur présente 3 étamines et un pistil. Le carpelle mesure 3 à 5mm. L'ovaire est surmonté de 2 styles apicaux et plumeux, à stigmates latéraux. La floraison se fait dès le mois de mai, les épis (Figure 6) sont mûrs en juillet (Maire, 1953).

Le fruit est un caryopse à graine unique. C'est un fruit sec indéhiscent dont le péricarpe dur adhère au tégument interne de l'ovule. Le tégument externe disparaissant pendant la maturation. La graine est à petit embryon à albumen amylicé (Spichiger *et al.*, 2004) (figure 6)



**Figure 6 - Inflorescence de l'Oyat (site web 6)**

➤ *Partie souterraine :*

Le rhizome ou tige souterraine, est très développé et peut s'étendre sur une longue distance (5m de long). Les rhizomes sont rampants ou obliques, grêles et servent à la fixation du sable (Maun et Baye, 1989). Le rhizome porte un bourgeon unique sur chaque nœud et peut donner des pousses aux chaumes florifères et des innovations stériles qui forment des touffes plus ou moins lâches (Maire, 1953) (Figure 7).



**Figure 7- Rhizome de l'Oyat (site web 7)**

La racine est courte, forte et fibreuse, elle perd facilement la couche corticale externe, elle est blanchâtre. Le système racinaire articulaire, plus ou moins dense peut fixer les grains de sables (Purer, 1942). Ces racines poussant très loin en profondeur (jusqu'à plus de 10 m) afin de récupérer la moindre trace d'humidité. Au niveau des racines se développent des associations mycorhiziennes et des bactéries fixatrices d'azote (Maun et Baye, 1989 ; Rodriguez-Echeveria *et al.*, 2004).

*Ammophila arenaria* est selon Laribi (1982), diploïde  $2n=28$  ou octaploïde sur les côtes atlantiques et baltiques et tétraploïde dans les régions méditerranéennes.

### **b-Classification de l'Oyat et aperçu sur la position des Poacées dans les principaux systèmes de classification:**

- *Classification de Ammophila arenaria (L.) Link. (1827) se classe comme suit : classification( selon Cronquist (1969)) :*

Règne : *Plantae*

Embranchement : *Spermaphytae*

Sous/embranchement : *Angiospermes*

Division : *Magnoliopsidae*

Classe : *Monocotylédones*

Sous classe : *Liliopsidae*

Ordre : *Cyperales*

Famille : *Poaceae*

Sous /famille : *Poideae*

Tribu : *Agrostidae*

Genre : *Ammophila*

Espèce : *Ammophila arenaria*.(L.) Link.

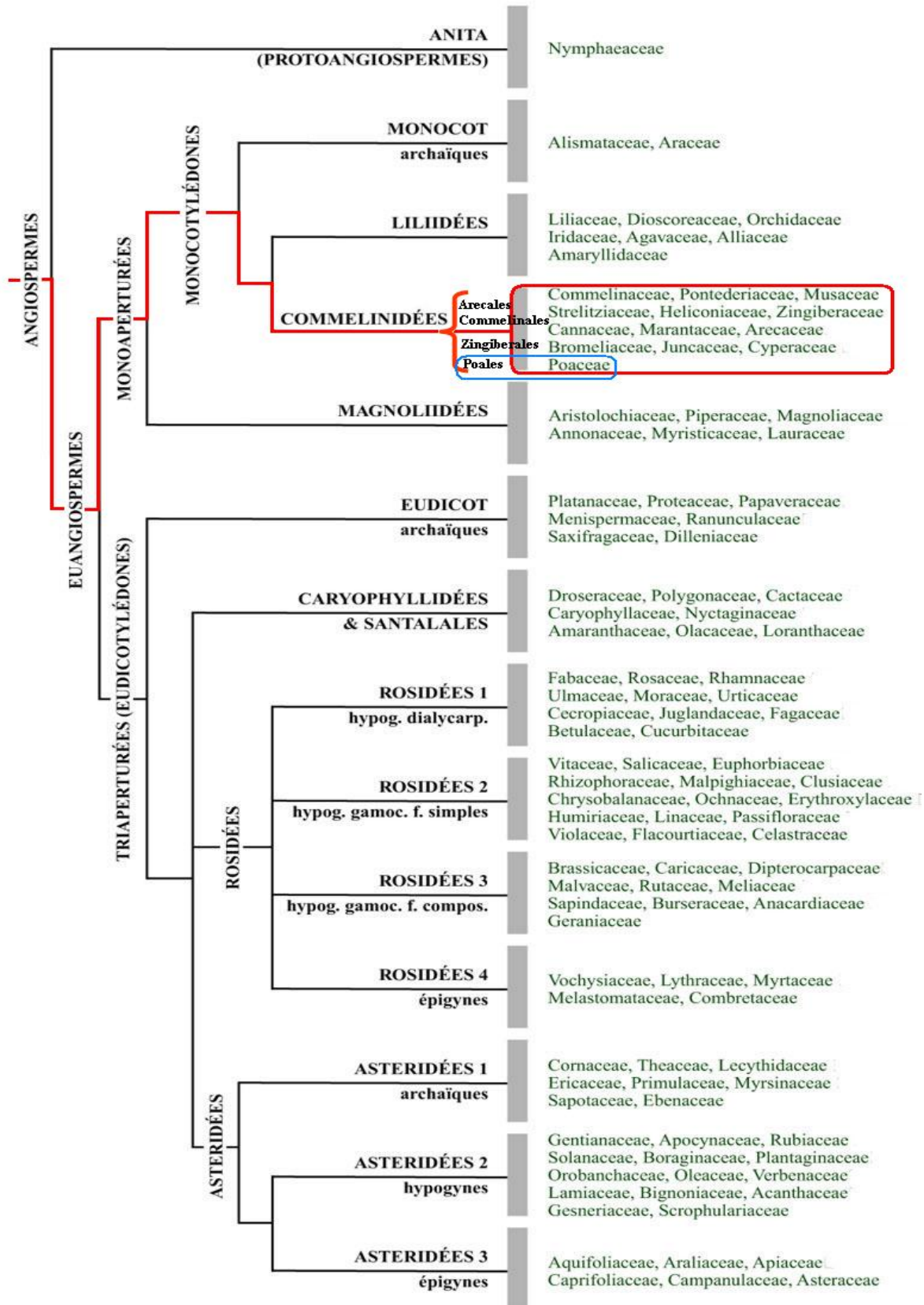
Variété : *Arundinacea* (Host)

La famille des *Poaceae* compte plus de 790 genres renfermant environ 10.000 espèces. Elle est cosmopolite et présente un intérêt économique majeur, assurant une grande partie de la nourriture de l'humanité. Les *Poaceae* ont une extraordinaire capacité d'adaptation qu'elles doivent principalement à des mécanismes de reproduction et de multiplication, mais aussi à leurs moyens de dispersion et de résistance. Grâce à l'existence de certains méristèmes, les *Poaceae* peuvent se redresser ou se régénérer après broutage ou piétinement ou incendie (Le Houerou, 1995).

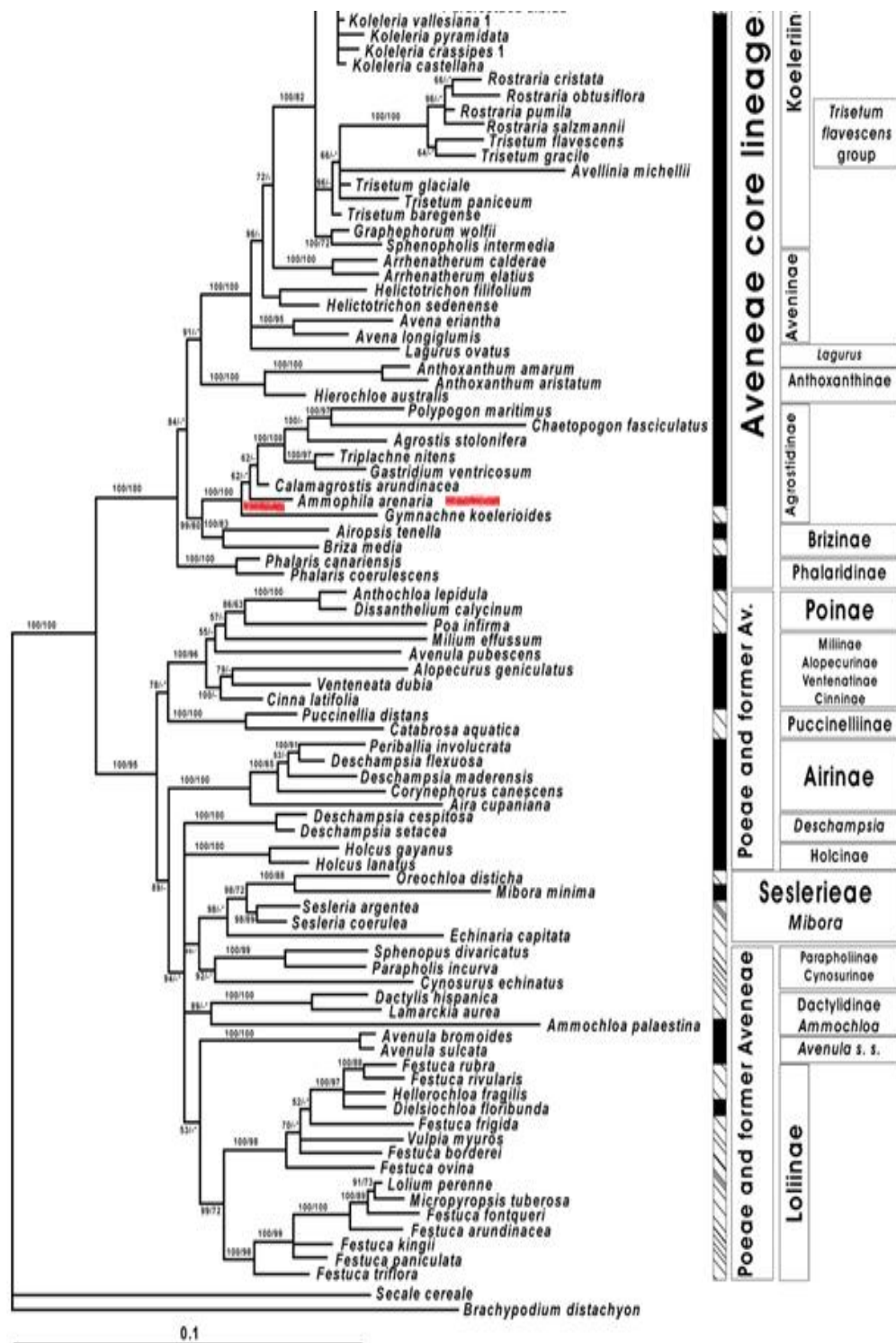
➤ *Position des Poaceae dans les différents systèmes de classification*

Les travaux modernes ont profondément renouvelé la classification des *Poaceae*, mais celle-ci est encore loin d'être établie définitivement (Judd *et al.*, 2002).

**Classification selon APG II(2003)** (Spichiger *et al.*, 2004)



**Classification selon APG III (2009)**



## **I-1-2- Caractères biologiques et reproduction :**

### **a- La croissance :**

Dans les conditions naturelles, la croissance de l'Oyat débute tôt au printemps (mars) et se poursuit jusqu'à juillet, c'est la période pendant laquelle s'effectue la maturation des graines (Leclerc, 1983 ; Pavlik, 1983 *in* Bendimered *et al.*, 2007).

La croissance cesse durant l'hiver lorsque les feuilles meurent alors que les jeunes feuilles des pousses survivent et reprennent leur croissance au printemps (Leclerc, 1983).

### **b- La reproduction :**

La pollinisation est strictement anémophile. La floraison a lieu durant les mois de mai à Juin. Les épis sont mûrs en juillet jusqu'au mois d'août.

La dormance affectant les caryopses de l'oyat est l'une des raisons les plus importantes de l'absence de régénération naturelle de cette espèce (Maun et Lapierre, 1986).

La régénération de cette espèce à partir de semis, donc par voie sexuée, est délicate. Le taux de réussite à partir du semis est très faible aussi bien dans les conditions naturelles que dans les conditions de laboratoire (Leclerc, 1985 ; Maachi, 1989). Par conséquent, en matière de reproduction, le meilleur moyen pour cette plante, est la voie végétative, à partir des rhizomes ou de boutures d'éclats de touffes (Maun et Baye, 1989).

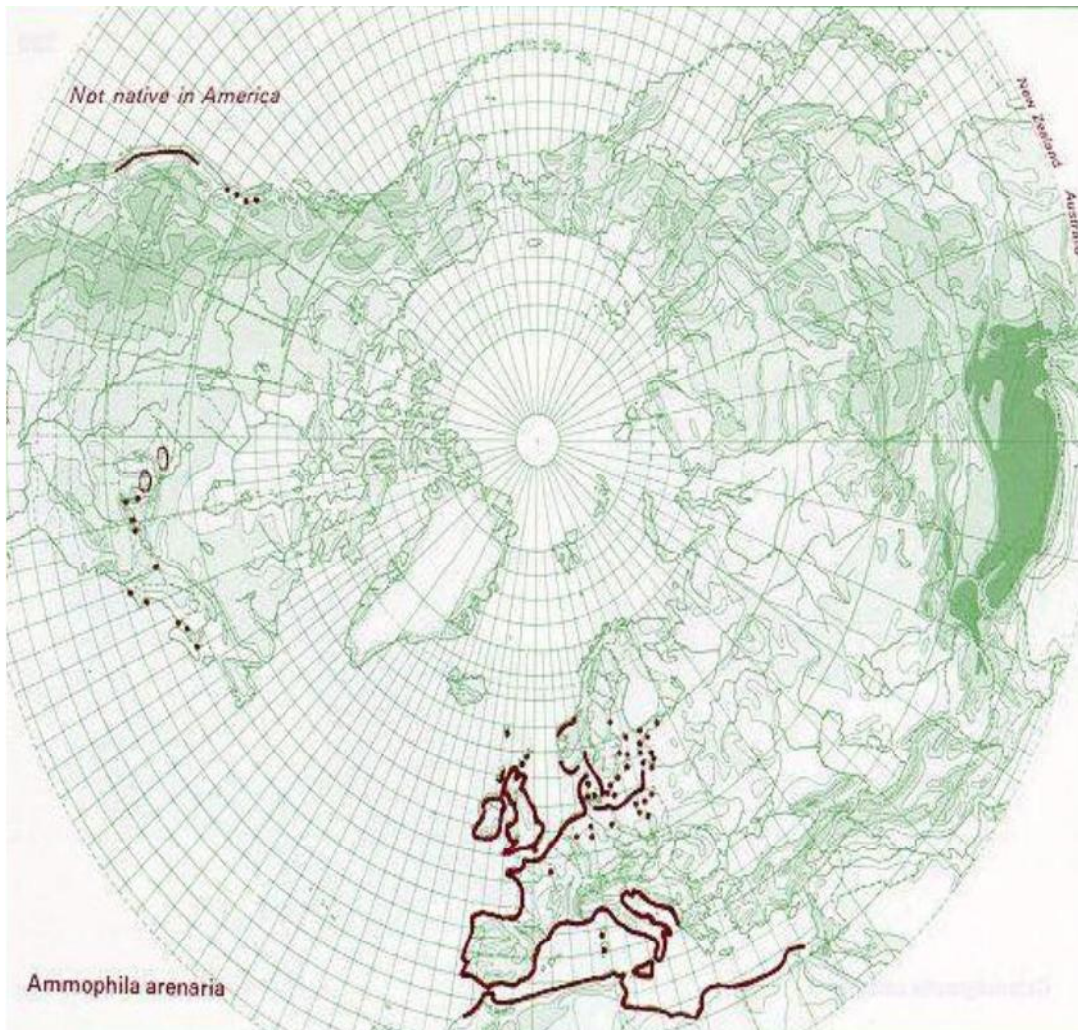
## **I-2- Répartition :**

Elle est considérée comme circum-boréale (Quezel et Santa , 1963 ; Fournier, 1977 ; Corre *in* Bendimered, 1997). Maire (1953) et Le Houérou (1957) citent que la variété « *arundinacea* » est d'extension méditerranéenne et particulièrement en Algérie et en Tunisie. En Algérie, elle est présente sur tout le long du littoral (Maire, 1953 ; Quezel et Santa, 1963) (Figure 8).

Sa présence est aussi signalée sur les côtes estes (Faurel et Thomas, 1968 *in* Bendimered , 2014), dans l'Algérois (Zaffran, 1960 ; Laribi, 1983), à Mostaganem (Meziani et Belgat, 1984) en Oranie (Alcaraz, 1982 ; Kayirangwa, 1985 ; Maachi , 1989).

Elle est répartie en Europe depuis la Finlande et le Danemark jusqu'à la péninsule ibérique et les îles britanniques (Huiskes, 1979).

L'espèce a été naturalisée dans de nombreuses régions notamment en Australie et aux Etats Unis (Pavlik, 1982 ; Maun et Baye, 1989).



**Figure 8 - Distribution of *A. arenaria* in the Northern Hemisphere  
(Huiskes 1979, Tutin *et al.* 1980)**

### **I-3- Ecologie de l'Oyat :**

L'Oyat, de même que l'espèce équivalente originaire d'Amérique du Nord *Ammophila breviligulata* Fern, présente une adaptation morphologique sans égal aux conditions hostiles des milieux sableux dunaires (sécheresse, infertilité, instabilité du substrat, actions des vents et des embruns salés) ; contrairement à la plupart des espèces végétales, elle présente une stratégie offensive vis à vis de l'instabilité du substrat. L'oyat est parvenu à vaincre le vent, la sécheresse et le sable. Elle est parfaitement adaptée à son environnement (Vandegehuchte, 2011).

Plusieurs travaux ont montré qu'elle se développe avec une vigueur maximale sur les dunes les plus instables et commence à diminuer de vigueur avec la progression de la stabilité dunaire. En colonisant le cordon dunaire, l'oyat supporte très bien les conditions environnementales extrêmes de sécheresse, de salinité ou mobilité des substrats et ce, par des adaptations spécifiques en utilisant diverses stratégies d'occupation de ces milieux hostiles. Elle compte parmi les espèces vivaces les plus caractéristiques de ce type de milieu et les mieux adaptées à ces conditions extrêmes (Leclerc, 1985 ; Bendimered, 2014).

### **I-3-1- Adaptations de l'Oyat :**

#### **a-Résistance à l'ensablement:**

Le sable fin s'enroule rapidement et se déplace. Dans de telles conditions, une plante peut se trouver déracinée en peu de temps. C'est pour cela que l'oyat est relié entre elles par des rhizomes horizontaux créant ainsi un vaste et dense réseau qui permet de fixer le sable (Woodhouse *et al.*, 1977 ; Van der Putten *et al.*, 2005).

L'Oyat se trouve sur des dunes mobiles, vives ou encore blanches. Cette plante est donc à protéger pour sa fonction essentielle dans la stabilisation des cordons dunaires du littoral. Elle résiste au déchaussement et à l'ensevelissement par le sable en formant des rhizomes traçants, capables de s'étendre sur de grandes distances et de donner naissance à de nouvelles pousses aériennes ainsi les rhizomes permettent la multiplication végétative de la plante (Leclerc, 1985).

L'Oyat fonctionne comme un piège à sable au niveau de ses racines, comme de ses feuilles, son système racinaire profond fixant bien le sable. C'est la raison pour laquelle certains auteurs la considèrent comme une plante envahissante. Elle adopte une stratégie offensive (Bendimered, 2014).

#### **b- Résistance à la sécheresse :**

L'Oyat est remarquablement adaptée à la sécheresse et présente des caractères typiques à cette adaptation tels que :

- Enroulement des feuilles dès que l'hygrométrie diminue en dessous d'un certain seuil, des cellules spécialisées de la face supérieure des feuilles (les cellules bulliformes) perdent leur turgescence, ce qui induit une contraction de l'épiderme et un enroulement de la feuille. La face supérieure de la feuille ne communique plus alors avec le milieu extérieur que par une mince fente. Au cœur de cet enroulement, la surface foliaire est plissée en de nombreux sillons appelées cryptes où l'hygrométrie reste supérieure à celle du milieu extérieur par limitation de l'évaporation (Huiskes, 1979 a *in* Bendimered, 2014).

- Présence de poils épidermiques : la face inférieure de la feuille présente de nombreux poils limitant la circulation de l'air, ils aident donc à retenir la vapeur d'eau émise par évapotranspiration, participant aussi au maintien d'une hygrométrie plus élevée au sein de l'enroulement de la feuille (Figure 4). (Huiskes, 1979 a).

- Protection des stomates et limitation de leur nombre : les stomates ne sont présents que sur la face supérieure enroulée de la feuille. Ils sont ainsi protégés de la sécheresse extérieure, d'autant plus qu'ils sont généralement situés au fond des cryptes, où l'hygrométrie est plus élevée (Huiskes, 1979 a).

- Présence d'une cuticule épaisse sur la face inférieure de la feuille, qui limite fortement l'évaporation (Luttge *et al.*, 2002)

### **c- Résistance à la salinité :**

Le taux de salinité en milieu dunaire est très fluctuant les espèces y vivant doivent donc pouvoir supporter de fréquents et brutaux changements de concentration en sels.

Selon de degré de salinité, la feuille de l'oyat se replie sur elle-même afin de limiter les pertes en eau par évapotranspiration (site web 8).

### **d-Résistance au vent :**

L'Oyat pousse derrière ou entre les dunes pour se protéger du vent. L'oyat peut se plier au vent pour préserver son intégrité morphologique sans se briser d'après les expériences et la littérature (Willis *et al.*, 1959 a, 1959 b)

La végétation paralyse graduellement l'action du vent sur le sable. L'oyat est un taxon exclusif et incontournable de la dune (Briquet, 1923).

#### **I-4- Importance de l'Oyat :**

##### **a- Importance écologique :**

Cette plante joue un rôle pionnier dans l'initiation et l'édification des monticules sableuses évoluant vers la formation de dunes. Elle fixe le sable et consolide les dunes pour une éventuelle colonisation du biotope. Par conséquent, elle prépare en fixant le sol, la remontée biologique pour d'autres végétaux moins tolérants à l'instabilité du sable. Elle protège les routes, les champs cultivés et les habitations de l'ensablement (site web 9).

##### **b-Importance économique :**

Dans certaines régions d'Europe, notamment au Nord, la partie aérienne est utilisée dans la fabrication de cordages et tapis avec les rhizomes (Julve, 2014), les feuilles et les tiges servent à la fabrication du papier, les rhizomes servent à la fabrication des cordes des paillasons et des set de table ( site web 10) aussi, les graines sous forme de poudre et les rhizomes pulvérisés sont consommés par la population.

## **Chapitre III : Ecophysiologie des espèces psammophiles, xérophiles et halophiles**

Ozenda (1964), définit le groupement végétal comme un ensemble de plante réunie dans une même station par suite d'exigences écologiques identiques ou voisines. La répartition des communautés végétales reste déterminée en grande partie par leur relation avec les conditions offertes par le milieu ou elles vivent.

Dans ce contexte, il est classique de distinguer : les groupements végétaux de type zonal et le groupement azonale (Pouget, 1980b). Les groupements végétaux de type zonal tel que les groupements forestiers et steppiques correspondent à une végétation naturelle déterminée par le climat. Par contre, les groupements végétaux de type azonale caractérisent la végétation directement soumise à l'influence des facteurs édaphiques.

Les types biologiques sont considérés comme une expression de stratégie d'adaptation de la flore aux conditions du milieu et représentent selon Dahmani (1996) un outil privilégié pour la description de la physionomie de la végétation.

### **III-1- Les xérophytes :**

Les espèces adaptées à la sécheresse sont qualifiées de végétaux xérophiles ou xérophytes ; elles se caractérisent par diverses adaptations.

La dégradation du milieu, suite à l'aridité du climat ou du substrat, donne un paysage floristique marqué par la présence des xérophytes tels que le Diss (*Ampelodesma mauritanicum*), le Doum (*Chamaerops humilis*), le Genêt (*Calycotome spinosa*), l'Atriplex (*Atriplex halimus*) (Damergi *et al.*, 2005).

Comme chez tout être vivant, l'eau prend part à la structure du cytoplasme et donc à l'organisme cellulaire ; elle fournit un milieu aux réactions du métabolisme et entre même dans certaines de celle-ci (hydrolyse) ; enfin, elle transporte les produits nutritifs, les hormones etc. entre le milieu et l'organisme ou entre organes. Dans la cellule végétale, l'eau de la vacuole applique le cytoplasme contre la paroi (pression de turgescence, avec ses conséquences sur le maintien dans végétaux, leurs mouvements de cellules ou d'organes, leur

croissance). L'eau est déterminante pour la forme et le fonctionnement des xérophiles (Dauta, 2009).

Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui visent à réduire sa surface transpirante (surface foliaire, épaissement des cuticules) (Scheromm, 2000) la réduction du cycle végétatif (Ozenda, 1977); mais aussi l'augmentation du rapport partie souterraine et partie aérienne.

### **III-2- Les halophytes :**

Les halophytes sont toutes les espèces qui poussent sur un sol salé (Flowers, 1986). Selon d'autres auteurs comme Aronson (1989), toutes les espèces qui ont seulement une tolérance vis-à-vis du sel. Pour Lehouerou (1995), les espèces halophiles correspondent aux espèces qui se trouvent exclusivement dans les conditions écologiques naturelles sur des sols salés ou dans un environnement salin.

La salinité est l'un des stress environnementaux les plus importants. C'est un facteur limitatif majeur de la productivité. La quantité de sels que les plantes peuvent supporter varie selon les familles, les genres et les espèces mais aussi les variétés considérées (Levignron *et al*, 1995).

Parmi les 2500 à 3000 espèces d'halophytes, nombreuses présentent des possibilités d'utilisations : alimentation humaine, fourrage, matériaux à haute valeur économique, source de substances bioactives, dessalement des sols, fixation des dunes, aménagement des territoires etc. . Il y a près de 1100 halophytes dans la région climat méditerranéenne (Lehouerou, 1993), environ 1/4 de Chénopodiacées, 1/10 de Poacées, 1/20 de Légumineuses, 1/25 Composées et Plumbaginacées (Aharonson *et al.*, 1969 *in* Abora, 2005). Les pérennes incluent des hémicytopytes en particulier : (*Puccinelia Aelurops*, *Ammophyla arenania* et *Agropyrum*) pour la plupart sont des herbacées.

### **III -3-Les psammophytes :**

La végétation psammophile est liée à un fort pourcentage de sable, toujours supérieurs à 60% (depuis les littoraux jusqu'aux steppes). Ces formations sont bien représentées et sont

essentiellement liées à l'importance des dépôts de sable et la présence de gypse et de sels (Satambouli *et al.*, 2006).

En raison de leur nature sessile, les plantes ont depuis toujours été confrontées à différents stress abiotiques et biotiques dans leur environnement immédiat.

Par conséquent, la survie des plantes dépend de leur capacité à adapter leur physiologie et notamment leur développement et leur croissance, afin d'atténuer ou même de supprimer les effets du stress. Toutes les plantes sont connues pour percevoir et réagir aux signaux de stress comme la sécheresse, la chaleur, la salinité (Bohnert *et al.*, 1995 ; Batels et Sunkar, 2005).

#### **III-4- Les stress abiotiques et les adaptations biochimiques:**

Il est difficile pour le moment de faire des prévisions précises sur les effets des changements climatiques sur l'évolution des plantes et des écosystèmes en raison de différentes combinaisons climatiques qui pourront exister et de la complexité des phénomènes concernés (Whit *et al.*, 1999).

La plante dans son environnement est exposée à différentes contraintes biotiques et abiotiques. La contrainte environnementale qu'elle soit climatique ou édaphique est défavorable à la croissance des plantes (Munne- Bosh et Alegre, 2007). La plante du fait qu'elle ne peut pas se déplacer, elle doit s'adapter à ces conditions stressantes de manière à réduire leurs impacts sur son bon fonctionnement (Lexer, 2005).

Un stress abiotique est toute condition environnementale défavorable empêchant la plante de se développer normalement et de se reproduire (Kotchoni *et al.*, 2006). Ce stress peut être induit par une forte salinité (Lee *et al.*, 2004 ; Kim *et al.*, 2005 ; Yan *et al.*, 2005 ; Askari *et al.*, 2006 ; Parker *et al.*, 2006) des hautes températures (Majoul *et al.*, 2003) des basses températures (Renaut *et al.*, 2004 ; Cui *et al.*, 2005 ; Amme *et al.*, 2006) le déficit hydrique (Jones, 2004 ; Vincent *et al.*, 2005 et Gorantla, 2006) la lumière (Nam *et al.*, 2003 ; Phee *et al.*, 2004 ), des métaux lourds (Couee *et al.*, 2007), de la pollution et du déficit de nutrition (Munn-Bosch et Alegre, 2004) ou d'une combinaison entre eux (Langridge *et al.*, 2006).

Les paramètres environnementaux sont des facteurs majeurs pour expliquer la répartition des communautés végétales. Les températures, les précipitations déterminent très largement la présence de telle ou telle espèce dans un milieu.

Certains procédés biochimiques sont communs à toutes les réponses des plantes au stress, y compris la production de certaines protéines de stress et de métabolites spécifiques, ainsi que la modification des espèces réactives de l'oxygène et de leur métabolisme (Leone *et al.*, 1991 ; Magglo *et al.*, 2003 ; Tuberosa *et al.*, 2003).

### **III-4-1- Le stress hydrique :**

L'eau occupe une place prépondérante dans les phénomènes métaboliques, de par son rôle dans la photosynthèse (Mazliak, 1995), le transport et l'accumulation ainsi que dans la manipulation et la croissance cellulaire (Heller *et al.*, 1998), puis dans la croissance et le développement des plantes (Hopking 2003). Les contraintes hydriques connues sont deux types : édaphiques et atmosphériques (Martre *et al.*, 2003). La première correspond à une disponibilité réduite en eau du sol (Liang *et al.*, 2002) et la seconde concerne l'augmentation de la demande évaporatoire car les pertes d'eau par transpiration créent un flux d'eau dans la plante qui du fait des résistances aux mouvements de l'eau dans le sol et la plante, entraînent une altération de l'état hydrique de la plante (Marte *et al.*, 2000).

Le stress hydrique fait diminuer l'indice foliaire et la durée de vie de la feuille et par voie de conséquence, la capacité photosynthétique (Turner *et al.*, 1987). L'acide abscisique qualifié d'hormone de stress est synthétisé rapidement lors de la croissance des feuilles (Malamy, 2005).

#### ➤ Adaptation et résistance à la sécheresse :

La régulation physiologique et morphologique qui permet aux plantes de s'adapter à une alimentation en eau déficitaire s'opèrent à différentes échelles. Dès qu'un déficit hydrique apparaît, la plante ajuste rapidement et de façon réversible.

La plante doit abaisser son potentiel hydrique par l'accumulation active des osmolytes minéraux et organiques afin que sa valeur s'ajuste à celle du milieu lui diminue sous l'effet de sécheresse (Gravot, 2011).

### **III-4-2- Stress thermique :**

L'un des défis environnementaux les plus graves aux plantes est les basses températures (Yan *et al.*, 1999). La capacité de tolérance change considérablement d'une espèce à une autre (Leuning, 2002). Des dommages sont provoqués par l'affaiblissement des processus métaboliques et par des changements dans des propriétés de membrane des changements de la structure des protéines (Anne *et al.*, 2006) et des interactions entre la macro molécules.

L'exposition des plantes aux températures inférieures à zéro a comme conséquence le givrage extracellulaire et la déshydratation cellulaire. Par conséquent, la tolérance de congélation est fortement corrélée avec la tolérance à la déshydratation provoquée par exemple par la sécheresse ou la salinité (Zhu *et al.*, 2005). La déshydratation induite par le gel peut causer de diverses perturbations dans la structure de membrane (Orvar *et al.*, 2000).

L'augmentation soudaine de la température, provoque une dénaturation des enzymes et des protéines (Amme *et al.*, 2006). Les températures élevées mènent à accroître le déficit en eau pendant que les plantes évaporent plus d'eau pour refroidir leurs tissus de surface.

Une réponse commune aux températures élevées est la biosynthèse des protéines spécifiques (HSP) (Nicot *et al.*, 2005). Il s'avère que la présence et l'accumulation des membranes et des protéines endommagée fournit un signal pour l'induction rapide de la réponse au choc de chaleur (Jenks, 2006).

#### ➤ Réponse des plantes au stress thermique :

Les plantes ont évolué un mécanisme adaptatif qui leur permet de suivre à la saison froide (Beck *et al.*, 2004). L'adaptation à froid est associée à beaucoup de processus physiologiques et métaboliques qui exigent des changements aux niveaux moléculaires et biochimiques (Kay et Guy, 1995).

Les changements de la composition des lipides et l'accumulation des sucres, sont susceptibles de contribuer à la tolérance de basse températures (Cossins *et al.*, 2002 ; Stitt et Hurry, 2002).

La synthèse et l'accumulation des osmo-protecteurs même aux concentrations plus élevées sans interférer les processus physiologiques, connue sous le nom d' « osmolytes

compatibles », joue un rôle central dans la réponse de la cellule au gel et plusieurs stress abiotiques (Yancey, 2004).

D'autres composés de faible poids moléculaire, comme les mono et les disaccharides (glucose, fructose, saccharose), les amines (bétaine et glycine), les polyols (mannitol, sorbitol) et les acides aminés principalement la proline, agissent en évitant la déshydratation des cellules par leurs contributions à l'ajustement osmotique (Hasegawa *et al.*, 2000) et en stabilisant la structure quaternaire des protéines et des membranes (Yancey, 2005). Dans le cas de la proline, le rôle d'extracteur radial a été également rapporté (Yoshida *et al.*, 1997).

### **III-4-3- Le stress salin :**

Cette notion est relative à un excès d'ions, mais pas exclusivement aux ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> (Willian, 2002 *in* Dahli, 2006), le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance et le développement des plantes (Ajmalkhan *et al.*, 2000). La feuille est le premier organe qui répond à ce stress par une réduction de la taille (Sibole *et al.*, 2003). En général c'est la partie aérienne qui souffre de diminution (Abbad *et al.*, 2004).

Le stress salin induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante (Hasegawa *et al.*, 2000). Certaines plantes réagissent très rapidement à une situation de stress par une fermeture précoce des stomates qui va éviter des pertes d'eau importante et permettre de maintenir le potentiel hydrique foliaire à un niveau optimal (Heller, 1981).

L'ajustement osmotique permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques (Belhassen *et al.*, 1995). Il aide dans le maintien de la turgescence cellulaire (empêche la fermeture des stomates, donc de maintenir la photosynthèse, la transpiration, l'assimilation du carbone et l'élongation cellulaire (Bamoune, 1997). Les halophytes qui excrètent l'excès de sel par les racines, s'acclimatent à des environnements de forte salinité et maintenant des potentiels hydriques internes faibles par un ajustement osmotiques. Les solutés qui contribuent à l'ajustement osmotique chez les halophytes, sont les mêmes dont la proline la bétaine et le sorbitol qui s'accumulent en réponse à des stress hydrique (Larher *et al.*, 1993).

### **III-4-4- Les adaptations:**

Les plantes doivent constamment faire face aux contraintes imposées par l'environnement dans lequel elles se développent. Elles doivent donc se doter d'une batterie de solutions pour affronter le stress. Elles adoptent des stratégies d'adaptation qui diffèrent d'une espèce à une autre et font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques (Monneveux et Belhassen, 1997).

En effet, pour maintenir la balance osmotique, après la chute du potentiel hydrique (El Mourid, 1988 ; Casals, 1996), les plantes accumulent un certain nombre d'osmoticums tels que la proline, les carbohydrates et la bétaine (Wang *et al.*, 2003) qui, en association avec d'autres facteurs tel que la réduction de la transpiration par la fermeture des stomates et la réduction de la surface foliaire (Karrou *et al.*, 2001), permettent de dégrader la turgescence et le volume cytosolique aussi élevé que possible (Monneveux et Nemmar, 1986 ; Bouzouba *et al.*, 2001 ; Wanget *et al.*, 2003).

#### **a-Accumulation de la proline** : sous stress, sous contraintes.

Un grand nombre de plantes synthétisent dans leurs feuilles de la proline à partir de la glutamine. L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus remarquables du stress salin et hydrique. Ce composé évolue dans la plante au cours de son développement et varie en fonction de l'organe, de l'âge de la plante et de la concentration des sels du milieu de vie (Belkhodja, 1996).

Hubac et Vieirida Silva (1980), suggèrent que l'accumulation de la proline est la conséquence à la fois de l'hydrolyse et de la synthèse. Navari *et al.*, (1990) ont pu montrer que sur le tournesol adapté au stress hydrique, l'augmentation du taux des acides aminés peut être due à un retard de la synthèse de protéines.

Selon Breda (1994), l'accumulation de proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique.

#### **b-Accumulation des sucres solubles** (sous contraintes).

Les sucres solubles dans l'eau constituent une source glucidique rapidement métabolisable et couvrent les besoins immédiats de la plante. Ce sont des intermédiaires

métaboliques qui sont également une forme de transport et qui peuvent être dans certains cas considérés comme forme de stockage. Le saccharose est majoritaire dans la plupart des espèces. Son accumulat dans les vacuoles contribue à augmenter la résistance au froid (Palonen, 1999 *in* Mintmohamed, 2007).

Les autres sucres (glucose, fructose, maltose) peuvent être considérés comme des métabolites intermédiaires (Sauter , 1988) .

L'accumulation des sucres est aussi un phénomène supplémentaire révélateur de résistance aux conditions de stress, surtout par les teneurs élevées en saccharose et en amidon dans les racines et les feuilles (Zid et Grignon, 1991). Selon les différentes expériences il a été démontré que le taux des sucres augmente considérablement chez les plantes soumises aux différents types de stress, chez le céleri (Noiraud *et al.*, 2000), les principaux sucres solubles accumulés sont :

Le glucose, fructose, saccharose (Hare *et al.*, 1988), ils semblent jouer 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.

L'abaissement du potentiel osmotique conduisait à l'augmentation dans les feuilles, non seulement de l'activité spécifique des ribonucléases et phosphatases acides, mais aussi du taux spécifique de sucres solubles (Henin, 1976 *in* Kaddour Hocine, 2008).

La chute du potentiel osmotique stimule non seulement le phénomène d'osmo-régulation mais également l'inhibition ( Bewley et Larsen, 1980) ou la synthèse de nouvelles protéines (Kermode et Bewley, 1989) dont les protéines LEA qui assurent une protection de l'ensemble vitale des protéines cellulaires (Grongnet, 2001) et les protéines de choc thermique qui permettent un maintien des structures protéiques et membranaires de la cellule végétale (Baker *et al.*, 1988).

## Chapitre IV : Osmolytes cellulaires (proline et sucres solubles)

### IV -1- La proline :

La proline, acide pyrrolidine-2-carboxylique ( $C_5H_9O_2N$ ) de poids moléculaire égal à 115,13 et de point isoélectrique de 6,30, est un acide aminé jouant un rôle important dans la structure des protéines (Figure 9). C'est le seul, parmi les 20 acides aminés, qui est pourvu d'une fonction imine et non d'une fonction amine (Uray, 1988 cité par Lubert, 1992, *in* Bidai, 2000).

C'est un acide aminé parce que c'est le seul acide qui possède un groupement azoté sous forme d'acide aminé. Il a été découvert par Wilstetter 1900 au cours d'un dosage des acides hydrolysés de caséine. C'est un corps blanc, soluble dans l'eau et dans de l'alcool (éthanol). Elle s'oxyde facilement avec la ninhydrine. Sa structure chimique est la suivante :

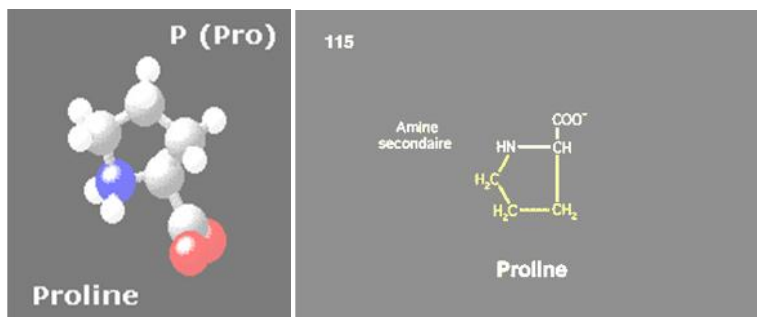


Figure 9 - Structure chimique de la proline (Ringe, 2004). (site web 11)

## **IV-1-1- Facteurs induisant l'accumulation de la proline :**

### **a- Les facteurs climatiques :**

*Effet de l'éclairement* : l'intensité de la lumière et la faible teneur en CO<sub>2</sub> dans le milieu contribuent à une augmentation de la proline au niveau des tissus, d'après les travaux de (Drier, 1978). Aussi, les feuilles chlorophylliennes qui sont exposées à une lumière intense et la sécheresse accumulent beaucoup de proline. L'énergie emmagasinée durant la photosynthèse contribue à la synthèse de la proline en présence de lumière (Joyce *et al.*, 1992).

- *Effet des hautes températures* : l'accumulation de la proline dans les cellules de certains végétaux est aussi liée à des températures élevées (Santoro *et al.*, 1992)

En conditions non stressantes, la proline est plus fortement accumulée dans les organes reproducteurs (anthère et pistil) que dans les feuilles. Lorsque les températures s'élèvent, les feuilles en contiennent de fortes quantités.

- *Effet du froid*: Chez la luzerne (*Medicago media*), la proline est synthétisée dans les feuilles et transportée dans les collets et les racines pour y être assimilée ou s'y accumuler (Stewart *et al.*, 1966 ; Tylly *et al.*, 1979 In Biday, 2000). Pendant le froid (1 à 2°C), la proline diminue dans les feuilles et les collets (Paquin, 1986).

### **b- Effet de stress :**

La sécheresse provoque une augmentation de proline qui peut aller jusqu'à 100 fois la quantité normale trouvée dans les tissus en turgescence (Liu et Hellebust, 1976). Cet acide aminé très soluble est accumulé dans les tissus des feuilles et dans les méristèmes apicaux de certaines plantes soumises à un stress hydrique (Jones *et al.*, 1980). Il est présent aussi dans le pollen déshydraté (Lansac *et al.*, 1996) et la région apicale des racines (Voetberg et Sharp, 1901).

La proline est l'acide aminé le plus communément retrouvé dans les tissus des halophytes poussant dans des environnements salés (Briens et Larher, 1992).

Elle peut s'accumuler aussi chez les glycophytes (Belkhodja et Ait Saadi, 1993) comme la fève.

#### **IV-1 -2- Autres facteurs :**

Certaines maladies virales, la présence d'herbicides et de métaux lourds provoquent l'accumulation de la proline. Selon (Perdrizet, 1974), une accumulation importante de la proline a été constatée chez les sujets de pomme de terre, du tabac et du blé atteint du virus de l'enroulement.

L'accumulation du soluté est aussi observée au cours de l'application de certains herbicides ou de nitrates utilisés comme engrais. Ces éléments provoquent l'accumulation des protéines riches en proline et l'acide glutamique dans l'endosperme de blé (Low *et al.*, 1992).

Bassi et Sharm 1995, ont constaté que lorsque le blé tendre est exposé à de fortes concentrations de métaux lourds tels que le zinc et le cuivre, la proline est accumulée d'une manière importante au niveau des racines, tiges et feuilles.

#### **IV -1-3- Rôle de la proline :**

La proline est un marqueur de la résistance aux contraintes abiotiques. Son accumulation est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement (Belkhodja et Benkabilia, 2000).

Dans les milieux salés, les plantes ajustent osmotiquement leur contenu cellulaire en synthétisant des acides aminés comme la proline (Goldhirs *et al.*, 1990 ; Ashraf et Mc Neilly, 2004).

Au niveau organique, les lieux d'accumulation de la proline varient d'une espèce à une autre : chez le Chou de Milan, le transport s'effectue des feuilles âgées vers les jeunes, (Le Saint, 1966) ; Chez le Pin des aiguilles vers les bourgeons (Durzan, 1973), chez la Luzerne, la proline est synthétisée dans les feuilles et transportée dans les collets et les racines (Tully *et al.*, 1979).

Physiologiquement, la proline protège les membranes et les protéines contre les différents effets des hautes concentrations en ions inorganiques et des températures extrêmes (Rudolph *et al.*, 1986 et Santoro *et al.*, 1992 in Bidai, 2000).

Elle contribue d'une façon importante dans l'ajustement osmotique du cytoplasme (Wyn Jones *et al.*, 1977 ; Binzel *et al.*, 1987).

La proline peut être impliquée dans le métabolisme en cas de déficit hydrique grâce d'une part à sa grande capacité de résistance à l'hydrolyse (Palfi *et al.*, 1984 in Ighil Hariz, 1990) et d'autre part à sa grande propriété hygroscopique lui permettant de fixer un maximum de molécules d'eau (Srinivas et Balasub Ramanian, 1997).

La proline pourrait également avoir un effet stabilisateur sur certaines enzymes comme chez les maïs (*Zea mays*), ou des analogues chimiques de la proline, protègent la pyruvate-kinase de l'inhibition induite par le NaCl (Shomerilan *et al.*, 1991).

Nanjo *et al.*, (1999-2000) ont révélé la contribution de la proline dans la morphogénèse. La déficience en proline affecte les protéines de structure des parois cellulaires des plantes transgéniques.

La proline est considérée comme une source de carbone et de nitrogène dans le développement et la résistance de la plante à un stress, dans la stabilisation des membranes par interaction avec les phospholipides (Mrah *et al.*, 2005) et certaines macromolécules.

Il a été remarqué que, chez un grand nombre d'espèces, la proline était impliquée également dans la régulation du pH cytoplasmique et dans le catabolisme glucidique (Jain *et al.*, 2001).

Le métabolisme de la proline a été relativement bien caractérisé chez *Arabidopsis thaliana*. La principale voie de synthèse de la proline en réponse à un stress hydrique a lieu dans le cytoplasme avec le glutamate comme précurseur (Annexe 02). Lorsque les conditions sont à nouveau favorables, la proline est rapidement dégradée en glutamate dans la mitochondrie (Figure 10).

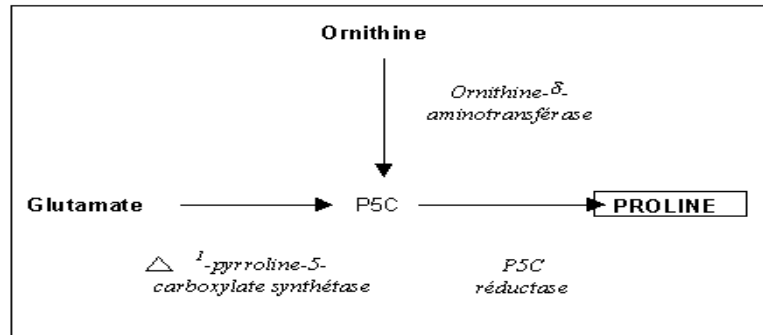


Figure 10 – Conversion de la proline en glutamate.(site web 11)

#### IV-2- Les sucres solubles :

Les sucres solubles dans l'eau constituent une source glucidique rapidement métabolisable et couvrent les besoins immédiats de la plante. Ce sont des intermédiaires métaboliques ou sont également une forme de transport et qui peuvent être dans certains cas considérés comme forme de stockage. Le saccharose, sucre soluble majoritaire de la plupart des espèces constitue également un stockage hivernal en l'accumulant dans les vacuoles. Son accumulation est initiée par une baisse de températures hivernales et contribue à augmenter la résistance au froid (Palonen, 1999). Les autres sucres (glucose, fructose et maltose) (Figure 11) peuvent être considérés comme des métabolites intermédiaires (Bailey et Santer, 1988).

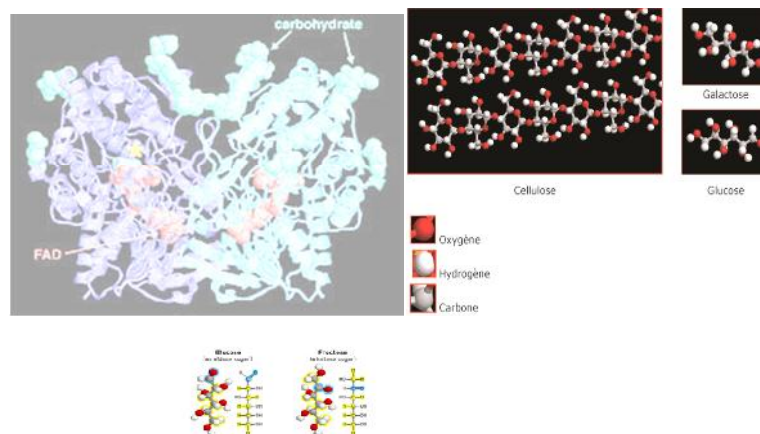


Figure 11 - Structure de quelques carbohydrates.(site web 12).

La diminution du potentiel osmotique conduit à une accumulation de sucres solubles dans les feuilles, étroitement dépendante de la teneur en amidon tandis que la quantité des glucides solubles dans les racines est inversement proportionnelle à celle des feuilles.

D'après Eagles *et al.*, (1969) et Hsiao *et al.*, (1976), l'abaissement du potentiel osmotique conduisait à l'augmentation dans les feuilles, non seulement de l'activité spécifique des ribonucléases et phosphatase acides, mais aussi du taux spécifique de sucre solubles.

Depuis les travaux de Wyn-Jones *et al.*, (1977) il est admis que dans les conditions de sécheresse, la teneur en hexoses augmentait dans les feuilles de cotonnier, tandis que celle de l'amidon diminuait. Les auteurs admettaient que la sécheresse réduisait l'utilisation des glucides par la plante plus qu'elle ne diminuait la photosynthèse. Le transfert des glucides en dehors de la feuille était considéré comme une condition nécessaire à l'obtention des rendements photosynthétiques élevés (Kaiser, 1987).

L'accumulation, de glucides paraît varier avec l'espèce étudiée (Eagles *et al.*, 1969 ; Hsiao *et al.*, 1976; Munns, 1981).

A partir des feuilles, les glucides seraient transférés sous forme de saccharose d'après les travaux d'Eagles *et al.* (1969) et Burt (1966). En présence d'eau, le saccharose, par l'effet de l'enzyme invertase, s'hydrolyse (réaction chimique, catalysée par des enzymes du type hydrolase, au cours de laquelle intervient obligatoirement une molécule d'eau et qui aboutit à la scission d'un composé) en glucose et en fructose ce qui permet son assimilation par la plante.

Le saccharose sert chez les végétaux de molécule de transport du carbone réduit via le phloème. Les organes sources vont ainsi fournir des produits de la photosynthèse les organes puits. De plus le saccharose et les hexoses issus de sa dégradation vont influencer les phases de développement des organes de réserve (Guillaume, 2007).

Les oses constituent l'infrastructure des végétaux permettant à la plante de produire son énergie nécessaire à sa survie. Dans la cellule, les glucides ont un rôle essentiellement énergétique, énergie qui est transformée en énergie directement utilisable par la cellule sous forme d'ATP.

Le saccharose est tout d'abord stocké temporairement dans la vacuole des cellules productives avant exportation. Le premier événement transmembranaire consiste donc à franchir le tonoplaste lors du stockage provisoire vacuolaire. S'en suit l'exportation des stocks dans l'apoplasme (plasmalemmes à franchir) et l'importation de ce disaccharide par les cellules compagnes ou criblés. Lors du déchargement apoplasmique, des transporteurs assurent le déchargement du phloème, d'autres prennent en charge l'entrée du saccharose dans les cellules de réserve grâce à un transport actif et enfin des transporteurs permettent le stockage vacuolaire.

Le saccharose et ses produits de dégradation enzymatique jouent un rôle dans les voies de signalisation cellulaire. En effet, suivant l'enzyme de dégradation employée, les produits sont différents : les invertases donnent du glucose et du fructose (hexose signal) et les sucroses-synthases donnent du fructose et de l'UDP- glucose qui est précurseur de la cellulose (Koch, 2004). Il s'avère que de manière générale, la présence majoritaire de saccharose dans la cellule de réserve va déterminer son développement : les hexoses favorisent la division et l'expansion cellulaire, tandis que le saccharose favorise la différenciation et la maturation. (Guillaumecalu, 2007).

De nombreux auteurs admettent depuis environ deux décennies que l'accumulation des sucres et de la proline est une réponse métabolique commune aux plantes exposées à des contraintes de l'environnement (Weimberg *et al.*, 1986 ; Wang et Stuttle, 1992 ; Taylor, 1996).

## **Chapitre V : Les éléments minéraux**

### **V-1- Rôle éléments minéraux dans la croissance et le développement des plantes :**

Les plantes sont des organismes autotrophes, qui tirent leurs besoins nutritionnels à partir d'un environnement inorganique. Elles exigent en particulier le carbone, l'oxygène et l'hydrogène de l'atmosphère ainsi que des éléments nutritifs prélevés dans le sol à l'aide du système racinaire. Ce dernier avec les poils absorbants jouent un rôle essentiel. En effet, elles absorbent les éléments minéraux sous forme d'ions, soit à partir de la solution du sol qu'ils soient libres ou piégés dans des complexes organiques particuliers, soit à partir de réseaux colloïdaux du sol sur lesquels les éléments sont absorbés (Heller et Rona, 2004).

La croissance et le développement d'une plante représentent les transformations quantitatives et qualitatives qui accompagnent le parcours des différentes étapes de sa vie. Les connaissances actuelles en biologie et en physiologie des plantes permettent de caractériser ces transformations pour chacune des étapes considérées (Ameziane El hassani, 1995). La prise en compte du concept de l'équilibre fonctionnel permet de comprendre les réactions des plantes.

### **V-2- Influences des facteurs et des conditions du milieu :**

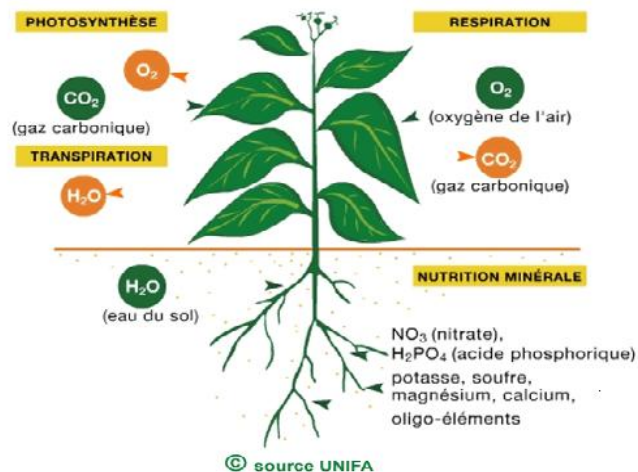
On signifie par facteurs de croissance les éléments internes (liés à la plante) et externes (liés au milieu) qui interviennent dans la fabrication de la matière sèche ; ils ont une action quantitative donnant lieu à un bilan d'énergie et de matière : énergie solaire, éléments minéraux, eau, température. La plupart des plantes connaissent des phases sensibles et des stades critiques de croissance et de développement lorsque les états du milieu (stress hydrique, stress thermique, stress minéral, stress salin etc.) peuvent entraîner des conséquences irréversibles (Fowden *et al.*, 1993). Certains stress sont inévitablement associés ; stress hydrique et salin, stress hydrique et thermique. En conséquence les plantes

présentent souvent, des résistances croisées, voir la résistance à un stress en induisant un autre (Gravot, 2009).

L'absorption des ions, qui est un phénomène complexe, est sensible à de nombreux facteurs qui tiennent les uns à la nature de l'organisme absorbant, les autres au milieu environnemental. L'état physiologique des tissus et l'influence des paramètres environnementaux (température, degré hygrométrique, stress hydrique et salin, oxygénation,...) indiquent qu'en plus de ces causes physiques l'absorption est un processus qui est le plus souvent contrôlé par le métabolisme cellulaire (Lerot, 2006).

Au niveau de la plante entière, l'eau est le principal véhicule pour les substances qui transitent d'un organe à l'autre car elle achemine les éléments nutritifs vers les tissus et les organes. Au niveau cellulaire, l'eau est nécessaire aux réactions chimiques et au maintien des structures cellulaires (El fakri *et al.*, 2011)

L'absorption des éléments nutritifs implique des interactions complexes entre le sol et les racines (Figure 12). (Les ions absorbés à partir du sol constituent le principal réservoir de nutriments pour la plante) (El Fakhri *et al.*, 2011).



**Figure 12 - Les fonctions de la plante (site web 13).**

L'interface sol-racine joue un rôle particulièrement important dans l'absorption minérale ; les éléments nutritifs peuvent parvenir au niveau de la racine par flux de masse, par

diffusion ou par interception racinaire. Donc la structure du système racinaire joue un rôle primordial sur l'absorption des minéraux (Lambert *et al.*, 2010).

Le développement du système racinaire dépend de facteurs internes et externes.

-Les facteurs internes : les monocotylédones développent un tissu racinaire tout à fait différent de celui des dicotylédones. En effet, chez les premières, ce sont les racines séminales qui ont une forte capacité d'absorption suivies de racines adventives auxquelles s'ajoutent des racines coronaires ou d'ancrage comme c'est le cas chez le Mais (Callot, 1982). Les espèces à enracinement profond comme la luzerne (*Medicago sativa*), le soja (*Glycine max*) et le coton (*Gossypium hirsutum*) ont un très fort potentiel pour l'exploitation du potassium dans le sous-sol (De Nobili *et al.*, 1990). L'absorption des éléments nutritifs aux environs de la racine crée un puits vers lequel les différents éléments nutritifs peuvent diffuser (Ivashikin *et al.*, 2001 in Anschutz *et al.*, 2014).

L'épuisement en minéraux dépend de la balance entre ce qui est apporté par le sol et ce qui est absorbé par la plante (Lambert *et al.*, 2000).

Les sols à texture sableuse et grossière fixent mal les fertilisants et sont sensibles à la perte par lessivage. Les éléments N, K, Ca et Mg disparaissent du profil, ce qui augmente les risques de carences vrais. De surcroît, la perte des éléments Ca et Mg est associée également à une acidification du sol qui peut, à son tour réduire la disponibilité d'autres éléments. Les éléments P, K, Ca, Mg, S et Mo sont particulièrement sensibles à cet égard (Maynard, 1979).

Les éléments absorbés interviennent tous dans la régulation de la pression osmotique pour maintenir une turgescence suffisante des cellules. Ils maintiennent également le pH des différents compartiments (hyaloplasme, sève,...) puis ils entrent dans la composition des molécules organiques principalement dans les enzymes et les pigments (El fakhri *et al.*, 2011).

Les sels minéraux pénètrent par les poils absorbants grâce à un transport actif qui nécessite de l'énergie ; ils sont absorbés par les cellules même si leur concentration intérieure est supérieure à leur concentration hors de la racine.

Chaque espèce végétale a des besoins précis en ions liés à son propre métabolisme et à des résistances variées aux éléments toxiques. Par conséquent, la plante développe des

mécanismes particuliers de transport d'ions, régulant ainsi les quantités absorbées selon ses besoins (Megel et Kirkby, 1987).

Selon Aldrich *et al* (1975) ; Mengel et Kirkby (1987), on distingue seize éléments minéraux indispensables aux plantes et qui ne proviennent pas tous du sol (Aldrich *et al*, 1975 ; Bertrand et Gigout, 2000). Certains éléments caractéristiques de ces substances organiques sont tirés de l'atmosphère tel que : le carbone, l'oxygène et l'hydrogène qui sont appelés éléments plastiques.

Le carbone (C), contenu dans le CO<sub>2</sub>, provient de l'air. C'est dans les chloroplastes des feuilles que la plante transforme le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) de l'atmosphère en sucres. Cette transformation permet l'augmentation de la biomasse et de la croissance en matière sèche du végétal. Les sucres obtenus participent ensuite à l'élaboration de molécules plus complexes utiles à la plante hydrates de carbones (amidon, cellulose, lignine,...), lipides, protéines, enzyme etc...

L'Azote (N) : représente entre 1 à 3% de la matière sèche des plantes et jusqu'à 4-6% dans les plantes entières en pleine croissance. Une partie de l'azote (N) provenant de la fixation atmosphérique et de quelques apports sur les feuilles par l'air ou l'eau de pluie (site web 14).

L'azote est le principal élément plastique servant à fabriquer les matériaux de construction des tissus végétaux. Il est indispensable à la plante à tous les stades de végétation (jeunesse, croissance, reproduction, mise en réserve) (Heller, 1981). Les acides nucléiques, clefs de fabrication de la matière vivante et localisation de l'information génétique contiennent des bases azotées, ils sont responsables de la synthèse protéique (Duthil, 1973).

Les éléments minéraux tirés directement du sol sont divisé en deux groupes selon l'importance de leurs quantités : les macroéléments et les oligoéléments.

#### **a- Les macroéléments :**

Ils sont au nombre de huit (08) et sont absorbés sous forme d'ions :

Dans la catégorie des anions on retrouve l'azote, le soufre, le phosphore et le chlore. Par contre, dans la catégorie des cations on cite le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium.

Additivement à ces 8 macroéléments, l'hydrogène est intégré dans les anions car il fait l'objet d'échange dans la formation du complexe argilo humique, de même pour le sodium et le silicium qui sont utilisés par les plantes pour des raisons particulières. A ce titre là, les plantes halophytes, leurs cellules contiennent un taux élevé de sodium dans leurs tissus pour pouvoir absorber l'eau de mer et les graminées présentent du silicium dans leurs tissus pour pouvoir supporter les épis.

- **Le phosphore (P)** : il est présent dans beaucoup de molécules au niveau des liaisons esters, acides nucléique. Il a également un rôle structural et énergétique. Il est prépondérant dans les feuilles des graminées (Raghotama, 1999). Le phosphore s'impose comme agent métabolique de la plus haute importance (Lerot, 2006). C'est l'un des constituants fondamental de la vie des plantes. Le phosphore a un rôle dans une série de fonctions du métabolisme de la plante et il est l'un des éléments nutritifs essentiels nécessaires pour la croissance et le développement des végétaux. Il a des fonctions à caractère structural dans des macromolécules telles que les acides nucléiques et des fonctions de transfert d'énergie dans les voies métaboliques de biosynthèse et de dégradation. A la différence des nitrates et des sulfates, le phosphate n'est pas réduit dans les plantes mais reste sous sa forme oxydée la plus élevée. (Marschner, 1993). Cet élément nutritif est absorbé par les plantes dans la solution du sol tant qu'anion ortho phosphates monovalent ( $\text{HPO}_4$ ) et divalent ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) (Black, 1968).

- **Le potassium (K)** : est le cation le plus abondant dans le cytoplasme. Son absence affecte la photosynthèse étant donné son rôle dans l'ouverture et la fermeture des stomates. Il joue également un rôle d'équilibre cationique-anionique de la plante. Sa prédominance fait qu'il peut contrebalancer les anions présents dans le cytoplasme, les vacuoles, le xylème et le phloème. Il contribue de façon majeure au potentiel osmotique et a un rôle de stabilisateur du pH (Whiterhead, 2000). Il intervient dans le transport des photosynthétats jusqu'aux feuilles et est impliqué dans le chargement du phloème (Marschner, 1995). Il s'agit d'un élément très mobile.

Chez les plantes, le potassium joue un rôle vital dans une large gamme des deux processus biophysiques et biochimiques. Il existe comme un cation monovalent et ne participe pas aux liaisons covalentes; sa fonction est de maintenir l'équilibre des charges. La préservation de la pression de la turgescence cellulaire est très sensible à une alimentation limitée  $\text{K}^+$ .

En effet, en raison de sa grande mobilité, le  $K^+$  est généralement le principal cation qui contribue à l'expansion des cellules et de la vacuole (Hamamoto et Uozumi, 2014 ; Pottosin et Dobrovinskaya, 2014).

Au niveau biochimique, les ions potassium jouent un rôle important dans l'activation de nombreuses enzymes, en particulier dans les protéines et la synthèse de l'amidon, ainsi que dans le métabolisme respiratoire et photosynthétique (Lauchli et Pflüger, 1979 ; Wyn Jones et al, 1979 ; Marschner, 2010).

Le potassium est un macro-élément essentiel pour les plantes. Il fait jusqu'à 10% du poids sec des plantes (Leigh et Wyn Jones, 1984). Il remplit un certain nombre de fonctions importantes liées à l'activation enzymatique, ainsi que la neutralisation des charges négatives, le maintien de la turgescence cellulaire, la croissance de la plante et le mouvement des organes (Marschner, 2012 ; Anschutz *et al.*, 2014).

Le potassium ( $K^+$ ) est crucial pour la croissance des plantes, le développement, la défense, l'immunité, la signalisation et les processus de transport (Beringerand Troldenier, 1980).

Il favorise la photosynthèse, améliore la résistance à la sécheresse au froid et aux maladies. En effet, le potassium favorise la mise en réserve des sucres, il semble exister une relation étroite entre la teneur en hydrates de carbone d'une plante et son alimentation en potassium (Jaillard et Hinsinger, 1993 : *in* Mehdadi, 2003). Le potassium exerce un effet antagoniste vis-à-vis du calcium dans la mesure où le premier élément accroît la turgescence et le second la réduit (Heller, 1981).

- **Le sodium (Na)** : Remplace en partie le  $K^+$  dans la plante en intervenant comme régulateur de pression osmotique (Hamamoto et Uozumi, 2014 ; Pottosin et Dobranskaya, 2014). Chez les halophytes le sodium pourrait remplacer le potassium (Calu, 2004).

- **Le calcium (Ca)** : il intervient dans la structure de la paroi cellulosique, le calcium est fondamental car c'est un constituant de la lamelle moyenne de la membrane (Heller, 1981). Il intervient également dans la constitution de certains enzymes et diminue la perméabilité cellulaire contrairement au potassium (Guignard, 1983) ; il assure l'équilibre acido basique en neutralisant les acides organiques comme l'acide oxalique. il est indispensable à la division cellulaire (Dodd *et al.*, 2014).

- **Le magnésium (Mg)** : il entre dans la composition de la molécule de la chlorophylle, formation des pigments, des lipides complexes et des glucides. Aussi, il exerce un effet antagoniste vis-à-vis du calcium pour rétablir l'équilibre hydrique (Huinsinger, 1998). Le magnésium est l'élément clé de la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique. Il est très mobile dans la plante (Lerot, 2006).

- **Le soufre (S)** : il est nécessaire à la plante dans la synthèse d'acides- aminés comme la cystéine et la méthionine : les 70% du soufre se trouve dans les chloroplastes (Heller, 1981).

- **Le chlore (Cl)** : il est essentiel pour la photosynthèse car il favorise la réaction de Hill ou photolyse de l'eau, il permet à la plante de maintenir l'équilibre osmotique.

### **b- Les oligoéléments :**

Les oligoéléments sont appelés ainsi car au sein du tissu végétal leur concentration est infinitésimale de l'ordre du cent-millième au millionième voire moins. Leur insuffisance dans le sol est de nature à déclencher des carences. Ils sont donc des éléments indispensables au bon fonctionnement du métabolisme de la plante mais à des proportions relativement faibles (Lerot, 2006). Les oligo éléments soient utilisés en faible quantité par les plantes, ils ne sont pas moins indispensables que les macroéléments.

En effet, ils sont nécessaires à un métabolisme normal pour assurer une bonne croissance. Plus précisément, les éléments mineurs contribuent à différentes fonctions physiologiques des plantes à des concentrations faibles (Parent et Rivest, 2003 *in* Esteres, 2006).

Ils sont au nombre de 11 : le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le bore (B), le molybdène (Mo), l'iode (I), le brome (Br), l'aluminium (Al), le nickel (Ni), le cobalt (Co) et le fluor (Fu).

- **Le fer (Fe)** : l'élément fer est nécessaire au développement des végétaux. Il se localise aux points où l'activité est la plus grande. Il entre dans la constitution de diverses enzymes. Le fer joue le rôle de catalyseur dans la synthèse de la chlorophylle. Le fer n'est pas assimilé de la même façon chez toutes les plantes ; les graminées notamment les céréales excrètent dans le milieu extérieur un sidérophore, l'acide déoxymuginéique qui se complexe

au fer ferrique et permet ainsi son entrée dans la racine grâce à un transporteur membranaire spécifique : le fer ainsi complexé est réduit en fer ferreux par une réductase racinaire avant son prélèvement par un transporteur spécifique ce qui implique dans ce dernier cas une ATPase qui est nécessaire pour excréter simultanément des protons à l'extérieur de la racine afin d'améliorer après acidification, la solubilisation du fer dans la rhizosphère. Chez les graminées, le processus d'acquisition du fer est indépendant du pH donc plus simple et plus efficace (Curie *et al.*, 2001 ; Briat, 2004 *in* Morot-Gaudy, 2013).

- **Le silicium (Si)** : parmi les végétaux les plus riches en silice sont les palmiers, les cypéracées, les graminées et les orchidées. Il se trouve dans la membrane cellulaire, les vaisseaux conducteurs (phloème, xylème et les cellules associées), et les organes de transpiration. La silice assure la minéralisation des parois et contribue à la rigidité de la tige chez les graminées et quelques autres végétaux (Mehdadi, 2003).

- **L'aluminium (Al)** : certaines plantes peuvent se protéger de l'aluminium en sécrétant par leurs racines des composés organiques qui rendent les ions aluminium non toxique (Magalhaes, 2007).

### V-3- Modalités et destinée des ions absorbés :

Chez les plantes, l'absorption de l'eau et des éléments minéraux s'effectue au niveau des racines principales et secondaires. Les échanges entre le sol et l'appareil racinaire sont accrus par la présence de poils absorbants qui se développent au niveau de la zone de maturation de la racine (Heller et Rona, 2004).

Les sels minéraux pénètrent dans les poils absorbants grâce à un transport actif qui nécessite de l'énergie : ils sont absorbés par les cellules, même si leur concentration intérieure est supérieure à leur concentration hors de la racine (Figure 13).

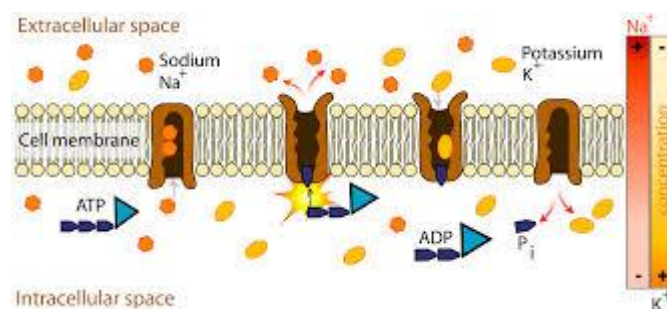


Figure 13 - Transport des éléments minéraux (site web 15)

L'eau et les sels minéraux pompés au niveau des poils absorbants constituent la sève minérale. Au niveau de la plante entière, l'eau est le vecteur de la migration des éléments minéraux absorbés par les racines ; c'est aussi en milieu aqueux que sont véhiculés les déchets du catabolisme (Morad, 1995).

L'eau est aussi une source d'éléments essentiels pour le métabolisme des végétaux. Sa décomposition fournit différents constituants nécessaires à la biosynthèse des molécules organiques.

De même une insuffisance d'eau est nuisible car le déficit hydrique est l'un des éléments limitant de la croissance des plantes (Rasmussen, 1982).

Les ions ont à franchir la paroi pectocellulosique puis le plasmalemme.

Certains ions comme  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{Na}^+$  sont retenus en proportions assez importantes. D'autres, comme  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  migrent en quasi-totalité vers l'intérieur des cellules. Dans le cytoplasme, les ions se fixent plus ou moins sur les différentes structures (réticulum endoplasmique, ribosomes), pénètrent dans les organites cellulaires (mitochondries, chloroplastes) ou gagnent la vacuole en franchissant le tonoplaste (Figure 14). Dans un tissu ou un organe, le passage d'une cellule à l'autre s'effectue le plus souvent directement du cytoplasme à cytoplasme, sans transport par la vacuole (par le symplasma). Une partie des ions absorbés peut ressortir : ils sont exorables (Chaiffai, 2014).

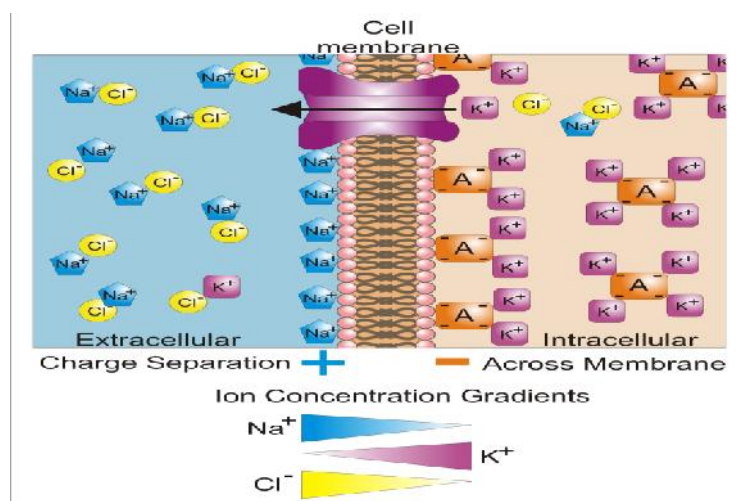


Figure 14 - Modalités d'absorption des éléments minéraux (site web 16)

#### **V-4 - Le stress nutritionnel :**

Certains sels peuvent être toxiques pour les plantes et peuvent en affecter la balance nutritionnelle s'ils sont présents en concentration excessive ou en portion anormale (Snoussi et Halitim, 1998).

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Levingneron *et al.*, 1995 *in* Haouala, 2007). L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ . Il y aurait une compétition entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$  pour les mêmes sites de fixation apoplasmiques (Haouala, 2007).

Les orientations métaboliques induites aboutissent à des transformations morphologiques et physiologiques déterminant une résistance plus ou moins achevée et efficace de l'individu à la contrainte. L'adaptation correspond donc à une dynamique réactionnelle dont la résultante est la résistance (Vartanian et Lemée, 1984).

Kramer (1980 *in* Casals, 1996) définit la résistance de la plante comme une modification héréditaire de structures, ou fonction qui augmente la probabilité de l'organisme à survivre et à se reproduire dans un environnement particulier. En réalité, les notions d'adaptation et de résistance ne sont pas toujours claires. Ces termes sont parfois employés de façon équivoque l'un à la place de l'autre. L'adaptation se traduit en réponse à la contrainte par une succession de modifications aux niveaux cellulaires, sub-cellulaires et moléculaires qui sont dépendante des potentialités génétiques de l'espèce (Demarly, 1984).

## Chapitre VI : Biodiversité et Variabilité génétique

### VI-1- Introduction :

La biodiversité peut se mesurer à différents niveaux hiérarchiques. Les écologistes raisonnent essentiellement au niveau multi-espèces, contrairement aux généticiens qui utilisent les approches mono-espèces.

Il apparaît primordial de combiner les deux niveaux afin de prendre en compte la biodiversité dans son ensemble et de pouvoir mener une politique de conservation appropriée (Godelle, 1998).

Depuis des années, la communauté scientifique accumule des connaissances sur les effets à long terme des stress environnementaux sur le devenir des écosystèmes. Les changements de la diversité biologique des populations naturelles, conséquence des activités anthropiques ont été plus rapides au cours des cinquante dernières années qu'à toute autre période de l'histoire de l'humanité. Les facteurs de changements qui sont responsables de l'appauvrissement de la biodiversité sont constants ou s'intensifient (Vitousek *et al.*, 2007).

Les modèles de dynamique des populations sont de plus en plus utilisés, ils trouvent des applications sur les changements essentiellement en analyse de risque la génétique des populations fournit des informations sur les changements du pool génétique de la population. Ces informations sont le reflet de processus non décelable dans l'approche individuelle (Bickham et Smolen, 1994 ; Belfiore et Anderson, 1998 ). Ils sont le résultat de survie différentielle, de l'état de santé et du taux de reproduction des individus se traduisant à terme par une réduction de la taille de la population. Quelques études de terrains montrent des modifications de la diversité génétique associée à une réduction de la population, des altérations de traits de vie (croissance et reproduction), dérive génétique et adaptation génétique par la sélection de génotypes tolérants (Belfiore et Anderson, 2001).

En sélectionnant une espèce d'importance particulière : espèce dont la présence est cruciale dans le maintien de la structure et le fonctionnement de l'écosystème et en étudiant sa

diversité génétique, les informations obtenues pourront être bénéfiques pour la biologie de la conservation (Godelle *et al.*, 1998).

La sélection naturelle entraîne une augmentation de fréquences des gènes et des phénotypes les mieux adaptés aux conditions de l'environnement, elle agit sur la variabilité phénotypique et indirectement sur la variabilité génétique (Dahmani, 2011).

## **VI-2- Diversité génétique :**

### **VI-2-1- Historique et définitions :**

La diversité fait référence à plusieurs concepts et il est essentiel de bien définir ce à quoi on s'intéresse. La diversité biologique ou biodiversité est une mesure de la variété et de la variabilité (aptitude à varier) de tous les organismes vivants. Elle inclue la diversité génétique à l'intérieur des espèces et de leurs populations, la diversité des complexes d'espèces associées à leurs interactions ainsi que celle des processus écologiques qu'ils influencent ou dont ils sont les auteurs dite diversité génétique éco systémique (XVIII<sup>e</sup> assemblée générale de l'IUCN, « The world conservation union » Costa Rica, 1988).

Les ressources génétiques font partie intégrante de la biodiversité. La gestion et l'exploitation raisonnée de ces ressources dans le milieu naturel imposent bien souvent de dépasser le seul cadre de l'espèce et de prendre en compte le contexte intra et interspécifique au sein de systèmes écologiques (Grivet, 2002). Les niveaux intra et interspécifique étant tous deux des composantes de la biodiversité, il apparaît logique de les combiner afin de décrire au mieux cette diversité (Grivet, 2002).

La diversité génétique correspond à la biodiversité intra-spécifique, la diversité spécifique se traduit par l'inventaire des espèces tandis que la diversité des écosystèmes a été prise en compte seulement récemment et passe par la conservation de zones considérées comme représentatives de la biodiversité (Gale, 1990 ; Gillespie, 1991).

« La diversité génétique se matérialise au travers une grande variété de formes et de caractères transmis par voie héréditaire. Elle a grandement évolué au cours du temps du fait des pressions de sélection naturelle », mais aussi de l'action exercée par les communautés humaines tout au long de leur histoire dans les différentes régions du monde » (Doc 2).

La diversité génétique comprend les caractéristiques des gènes et leur répartition au sein d'une espèce (diversité intra spécifique) mais aussi entre espèces (diversité interspécifique).

Le gène est un segment d'ADN (Figure 15) qui constitue l'unité de transmission héréditaire de l'information génétique. Chaque être vivant possède une carte d'identité (ADN) ou figure ses caractéristiques héréditaires. Pourtant basée sur un codage simple de quatre éléments (A, C, T, G) chaque ligne de cette carte d'identité, ou gène peut s'écrire de très nombreuses façons donnant lieu à une foisonnante quantité de combinaisons (Pastorelli, 2009). Cette variabilité génétique d'un individu à l'autre engendre une incroyable diversité et confère à chacun son caractère unique. On parle alors de diversité génétique : correspondant à la diversité des individus au sein d'une même espèce. (les différentes formes des grains, différence de taille, les différents goûts ...). Chaque population a des particularités génétiques distinctes selon le milieu où elle évolue (Pastorelli, 2009).

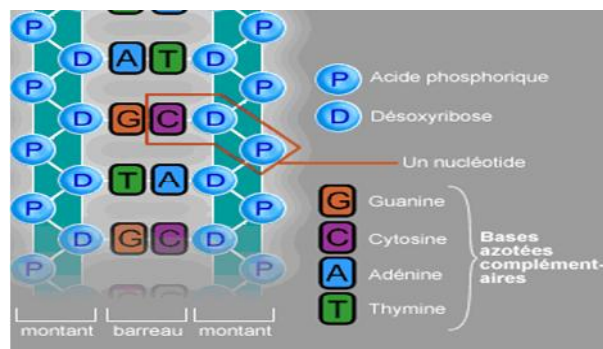


Figure 15 - Un brin d'ADN (site web 16)

Il est nécessaire de veiller, aujourd'hui au maintien d'une ressource génétique suffisamment large, pré requis pour garantir l'adaptation aux changements environnementaux et pour répondre aux besoins futurs. La description de la diversité génétique à différents niveaux hiérarchiques d'organisation peut grandement bénéficier à la biologie des populations et à la biologie de l'évolution. Pour maintenir la diversité intra spécifique, il est nécessaire de décrire la diversité actuelle à l'intérieur et entre les populations, mais également la dynamique de cette diversité, afin d'appréhender les mécanismes de son évolution (Ridley, 1996).

La gestion durable des ressources naturelles nécessite de bien comprendre les processus qui influencent la dynamique des populations et la diversité génétique des espèces. Cette gestion sous-entend des notions de préservations et de conservation des écosystèmes dans toute leur diversité. Pour une meilleure valorisation de son rôle écologique, social et économique. Le but de la conservation est de maintenir la biodiversité sur le long terme, il n'est pas suffisant de prendre en compte uniquement les espèces la constituant. Il est primordial d'inclure l'ensemble des éléments constitutifs de la biodiversité, afin de maintenir intact le réseau de relations les liant du point de vue de la structure, de la composition et de la fonction (Maddock et Duplessis, 1999 *in* Grivet, 2002)

### **VI-3- Variabilité génétique :**

Toutes les populations montrent une variabilité génétique, mais la quantité de cette variabilité diffère énormément selon les espèces et les lieux. La structure génétique d'une population décrit la distribution de cette variabilité entre les individus et entre les populations locales, ainsi que la manière dont les individus gèrent les conséquences de la variabilité génétique au travers des systèmes d'appariement (Miller, 2005).

Comparée aux composants inters spécifiques de la biodiversité (Chapman et Reiss, 1992), la variabilité génétique est l'objet d'une classification plus précise (Ridley, 1996).

La variabilité génétique est importante pour les populations car c'est elle qui leur confère la capacité de répondre aux changements environnementaux par les processus évolutifs. La variabilité génétique est également importante pour les individus : des différences génétiques au sein de la progéniture d'un individu augmentent la probabilité qu'au moins un des membres de la progéniture soit adapté à un habitat (Miller, 2005).

L'architecture modulaire des organismes peut donner naissance à des groupes d'individus reproducteurs issus du même zygote et ayant donc la même composition génétique. Une population d'individus génétiquement identiques nés par un mode de reproduction asexuée et d'un point de vue évolutif ne forme qu'une unité génétique. (Miller, 2005).

### **VI-3-1- La variabilité génétique dans les populations naturelles :**

Plusieurs théories reposent sur l'observation de la diversité des êtres vivants et de sa relation avec la variabilité géographique. Elles mettent aussi en évidence l'importance de l'environnement dans la reproduction et la survie.

La génétique des populations étudie la variabilité génétique présente dans et entre les populations avec trois objectifs principaux :

- 1- Mesurer la variabilité génétique, appelée aussi diversité génétique, par la fréquence des différents allèles d'un même gène.
- 2- Comprendre comment la variabilité génétique se transmet d'une génération à l'autre.
- 3- Comprendre comment et pourquoi la variabilité génétique évolue au fil des générations.

La génétique des populations est donc centrale pour la conservation des espèces en voie de disparition au point de prendre le nom de génétique de la conservation (Godelle *et al.*, 1998).

La particularité du monde vivant est la variabilité des phénotypes individuels. A l'intérieur d'une espèce l'individu est unique. Si pour une espèce donnée on peut noter l'absence de variation pour certains caractères essentiels, il existe toujours de nombreux autres caractères pour lesquels des variations entre individus sont observés. Certaines de ces variations s'expriment au niveau phénotypique (morphologie, physiologie, comportement...) mais les autres restent cachées et leur mise en évidence nécessite l'utilisation de techniques adaptées (variabilité des protéines ou des séquences d'ADN) (Abbad *et al.*, 2004).

### **VI-3-2- Déterminisme des variations :**

La génétique des populations s'intéresse principalement à la variabilité d'origine génétique présente dans les populations et que l'on désigne sous le nom de polymorphisme (Houle *et al.*, 2006).

### **VI- 3-3-Méthodes d'études de la variabilité génétique :**

Historiquement, la recherche de la variabilité génétique dans les populations naturelles a concerné des caractères directement accessibles à l'observateur (morphologie, couleur, etc...). Le développement des techniques de biochimie, cytogénétique et de biologie moléculaire a permis d'étudier la variabilité génétique à des échelles plus fines jusqu'au niveau de la séquence d'ADN, permettant même l'étude du polymorphisme des régions non codantes.

La découverte des marqueurs moléculaires de l'ADN nucléaire ouvra une nouvelle aire pour la sélection classique. Elle rendit possible l'identification et l'étiquetage certains gènes, plus efficace la gestion et la manipulation de la variabilité génétique pour construire des génotypes cumulant des gènes favorables. Grâce aux marqueurs, il devient en effet possible d'une part de mieux lire le génotype à travers le phénotype (David, 1988 *in* Dahmani, 2011) et d'autre part, de contrôler les recombinaisons entre locus en cause (Gallais, 1994 ; Eagle *et al.*, 2002 ; Najimi *et al.*, 2003).

#### **VI-3-3-1- Les marqueurs moléculaires :**

Pour répondre aux problèmes de la diversité dans le génome, il n'est pas suffisant de mesurer la diversité enzymatique. Les techniques issues de la biologie moléculaire permettent de rechercher des variations dans les séquences nucléotidiques de l'ADN (codant et non codant). Ces techniques sont de plus en plus utilisées pour étudier le fonctionnement génétique des populations. Cette variabilité qui n'est généralement pas exprimée au niveau phénotypique, est utilisée pour définir des marqueurs permettant soit de caractériser des individus (empreintes génétiques ou finger print) soit de caractériser des populations, soit de cartographier des gènes. Les estimations de la diversité moléculaire des microsatellites (short sequence repeat or SSR), des single nucléotide polymorphism (SNP) et les comparaisons de séquences sont nettement plus forte que la diversité enzymatique (Nevo, 2001).

### **a- Définition des marqueurs moléculaires :**

Marqueur génétique ou locus marqueur : Le terme marqueur est pris dans le sens de marqueur génétique c'est-à-dire toujours un synonyme de locus marqueur qui est un locus polymorphe qui renseigne sur :

-Le génotype de l'individu qui le porte : génétique des populations.

-Le génotype d'un (de) locus voisins : du clonage positionnel à la sélection assistée par les marqueurs.

Plusieurs types de marqueurs existent, on les classe en fonction du polymorphisme qu'ils détectent. Les techniques de révélation en masse de polymorphisme ont l'avantage de révéler de nombreux fragments simultanés. Il existe des stratégies qui permettent de détecter du polymorphisme d'une façon individuelle. Elle nécessite une connaissance de la séquence d'ADN comme pour la fabrication des sondes RFLP (Emilie, 2005).

Les plus courants de ces marqueurs génétiques sont selon la terminologie :

-Les marqueurs morphologiques

-Les marqueurs moléculaires (au niveau de l'ADN).

-Les marqueurs biochimiques (isozymes, protéines).

Un bon marqueur génétique est idéal quand il est :

-polymorphe-multiallélique-codominant-non épistatique-neutre-insensible au milieu (Williams, 1990).

Les marqueurs morphologiques répondent mal à ces critères. Peu polymorphe, en général dominant, ils interfèrent souvent avec d'autres caractères même s'ils sont très nombreux chez certaines espèces (riz ou maïs), peu d'entre eux peuvent être conjointement polymorphes dans une descendance donnée (Mokhtari, 2006).

En revanche les marqueurs biochimiques ou moléculaires ont pour la plupart toutes ces qualités. Les limitations majeures des isozymes sont le faible nombre de locus

susceptibles d'être révélés : tous les enzymes ne sont pas présents ou actifs dans tous les organes (De Vienne, 1998).

Au contraire, les marqueurs au niveau de l'ADN sont en nombre quasiment illimité et sont indépendants du stade ou de l'organe analysé, puisque l'ADN est le même dans tous les tissus. De plus ils ont l'avantage d'être plus directement utilisables pour les applications en biologie moléculaire (De Vienne, 1998).

Les marqueurs moléculaires d'ADN sont les plus étudiés. Ces marqueurs sont des séquences codantes ou non, présentent un polymorphisme selon les individus. Par les techniques de biologie moléculaire, plusieurs outils ont été développés, permettant d'obtenir directement à partir des marqueurs polymorphes de l'ADN des plantes (Sebastien, 2007). Les plus utilisés sont les marqueurs RFLP, RAPD, AFLP et les microsatellites.

Actuellement, grâce aux marqueurs génétiques, il devient possible d'établir l'empreinte génétique d'un individu c'est-à-dire de décrire et de définir des individus et des variétés en vue de leur inscription, de leur protection et de leur classification.

Les marqueurs les plus utilisés sont les marqueurs révélés en masse, puisqu'ils permettent de découvrir de nombreux locus sans nécessiter au préalable de connaissance concernant la séquence du génome. De plus ils sont faciles et rapides à mettre en œuvre. En plus que les marqueurs AFLP (Amplified Fragment Length polymorphism), les plus utilisés sont les marqueurs RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) (Williams *et al.*, 1990).

Les marqueurs RAPD sont basés sur l'amplification PCR à partir d'une amorce arbitraire, révélant ainsi du polymorphisme de séquence (Williams *et al.*, 1990). L'inconvénient des marqueurs RAPD est qu'ils sont souvent difficilement reproductibles et non transférables entre espèces (Jones *et al.*, 1997). Les marqueurs RFLP (Restriction Fragment Length polymorphism) détectent du polymorphisme de séquence lié à l'emplacement de site de restriction et font appel aux techniques d'hybridation de sondes (Bodstein *et al.*, 1980 in Dahmani, 2011).

### **b- Les marqueurs ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) :**

C'est une technique consistant à révéler en masse du polymorphisme de type microsatellite (Zietkiewicz *et al.*, 1994). Elle reprend le principe de la RAPD. Les amorces sont constitués d'une partie d'une séquence de microsatellites 4 à 6 répétitions selon la taille et d'une à trois bases arbitraire sélectives en 3' ou 5'. L'amplification par PCR va révéler de nombreux fragments lancés de part et d'autre du même microsatellite en orientation inversée. Le polymorphisme dépend ici du nombre d'unité de répétitions.

Cette technique s'appuie sur le polymorphisme de répartition des microsatellites dans le génome du tabac. Les microsatellites ou SSR sont des séquences composés de courts motifs d'ADN (1 à 6 bases) répétés en tandem. Ils sont très présents dans le génome des plantes et animaux.(Toth *et al.*, 2000).Ils sont fréquemment utilisés en tant que marqueurs moléculaires pour des études de cartographie génétique et de détection de QTLs ou en génétique des population pour des études portant sur la diversité ou la gestion des ressources naturelles (Goldstein et Schlotteres, 1990).

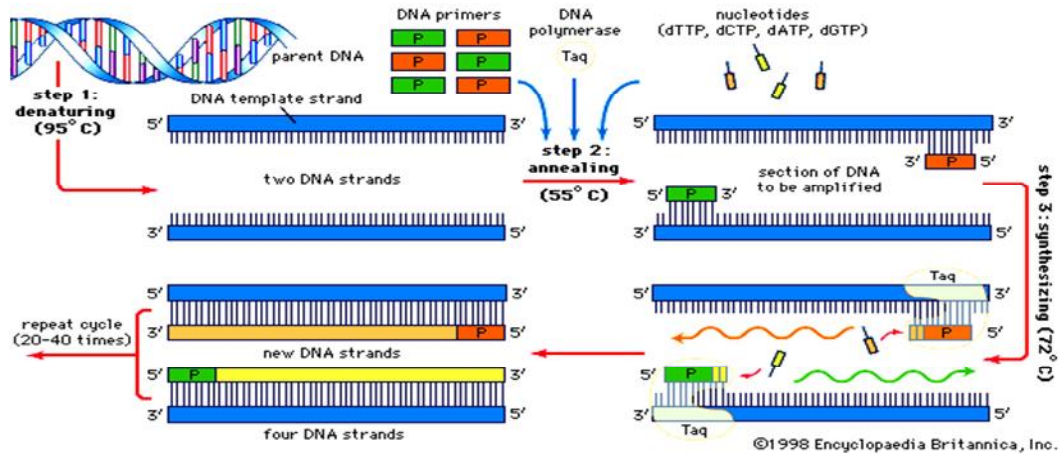
La quantité de marqueurs polymorphes peut être élevée, alors que la technique est simple et économique. L'avantage de cette technique est qu'elle ne nécessite pas de connaissance particulière des séquences d'ADN,et que les cibles des amorces sont très abondantes dans le génome des végétaux (Emilie, 2005).

### **c- Réaction de polymérisation en chaine PCR :**

En 1983, Karry Mullis met au point la PCR (Polymerase Chain Reaction ou Réaction de polymérisation en chaine), qui est une technique d'amplification de l'ADN. C'est une réaction enzymatique qui consiste à utiliser de manière répétitive, l'une des propriétés des ADN polymérase celle de ne pouvoir synthétiser un brin complémentaire d'ADN qu'à partir d'une amorce donc ce qui permet de sélectionner puis d'amplifier en grande quantité un fragment d'ADN particulier (Elyse et Alain, 2002).

C'est devenu la technique la plus utilisée pour la détection de l'ADN et l'ARN car d'une simple copie d'une séquence particulière d'acide nucléique, cette séquence peut être amplifiée et détectée. Sa nature exponentielle rend cette technique facile pour des analyses quantitatives (Dahmani, 2011 ; Bekhti, 2011). Théoriquement, il existe une relation quantitative entre la quantité de la séquence d'acide nucléique et la quantité de la

séquence du produit amplifié. En pratique il n'est pas rare que les réactions de PCR en réplica donnent des taux différents d'amplicons (Figure 16).



**Figure 16 - Principe de la PCR (site web 17)**

➤ Les acteurs de la PCR :

1-L'ADN : sous forme de double brin, il contient le fragment à amplifier.

2-Deux amorces sens et anti sens petits brins d'ADN d'environ 20 bases appelés oligonucléotides capables de s'hybrider de façon spécifiques grâce à la complémentarité des bases, sur le brin d'ADN ou sur son brin complémentaire. Les amorces sont choisies de façon à encadrer la séquence d'ADN à amplifier.

3-Une enzyme : la taq polymérase (Taqpol), une ADN polymérase. Sa température optimale d'action est de 72°C et elle est capable de résister à des passages successifs à 95°C ce qui a rendu possible l'automatisation de la procédure.

4-Quatre nucléotides : dGTP, dATP, dTTP, dCTP appelés globalement dNTPs (désoxynucléotides-Triphosphates) qui sont les éléments de base utilisées par la Taqpol pour synthétiser les brins d'ADN complémentaires.

La réaction de la PCR correspond à la succession d'une 30 de cycles comportant chacun 3 étapes : dénaturation-hybridation-élongation.

Tous les éléments nécessaires à la réaction sont regroupés dans un tube qui sera soumis aux différentes températures correspondant à chaque étape. Ces cycles de températures sont réalisés automatiquement dans un thermocycleur (Elyse et Alain, 2002).

## Chapitre VII : Contexte écologique du site de prélèvement des échantillons de la plante

### VII-1- Situation géographique et administrative :

Le site appartient au cordon dunaire situé à une trentaine de kilomètres à l'Ouest de la ville d'Oran dans la commune de Bou Sfer (Figure 17). La station se situe à une altitude maximale de 20m. L'altitude maximale du cordon est de 120m. Elle est limitée au Nord, à l'Ouest et à l'Est par la mer méditerranée et au Sud par la zone militaire de Ain El Turk. Tout ce complexe dunaire est entrecoupé par des terrains agricoles au Sud.

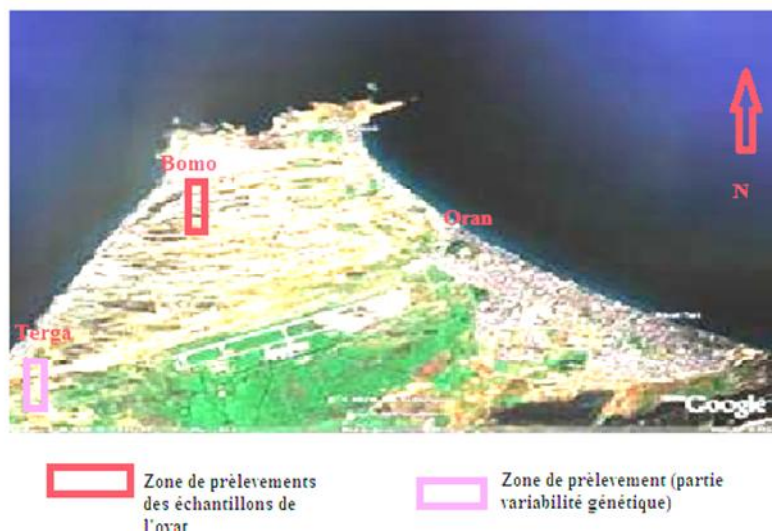


Figure 17 - Vue satellitaire du site de prélèvement (google-map, année 2015).

## **VII-2- Le site du point de vue géologique et géomorphologique:**

La structure actuelle de l'Algérie du Nord est due aux mouvements Hercyniens et Alpains qui ont permis l'individualisation de domaines fortement différenciés (Guilcher, 1954).

Le secteur étudié appartient aux Massifs littoraux Oranais qui s'étendent sur une bande cotière de 80 km donnant un système de Horst et de Grabens. Ce sont des zones caractérisées par des substrats schisteux, parfois calcaires. La structure peut être écaillée; les chevauchements sont souvent présents (Hamidi, 1989). L'âge de ces formations va du Permo-Carbonifère au Pliocène.

Les dunes occupant presque entièrement la plaine, exception faite de son extrémité SW, en particulier au niveau des piedmonts du Djebel Murdjajo (colluvions). Dans la zone rétrécie de la plaine entre Bousfer-plage et les Andalouses, elles sont très proches du versant septentrional du Murdjajo contre lequel elles viennent presque butte. Elles sont fossilisées à ce niveau par les colluvions sablo-limoneuses de l'oued Ouédit. Au sud d'Ain El Turk, elles s'étendent jusqu'au contrebas des Djebels Santon et Murdjajo (Hamidi, 1989).

-Petit Horst de Cap Falcon: 75m, est caractérisé par des affleurements Permo-Carbonifères au Pliocène à l'ouest et par le Lias dolomitique écaillé à l'Est (Fenet, 1975).

-Massif d'Ain Témouchent: ils sont considérés comme autochtone Tellien par Guardia (1975), Fenet (1978) avancera l'hypothèse que ce dernier reste comparable à l'autochtone septentrional d'Oran. Au niveau de Hammar Touazarh (170m), on peut reconnaître des calcaires intercalations de pélites micacées et grès ferrugineux d'âge Callovo-Oxfordien, ce sont des calcaires clairs (100m) reposant sur des pélites micacées d'âge Kimméridgien. Au douar Chentouf, on peut observer en fenêtre un calcaire gris en gros bancs (Hamidi, 1989).

Pour l'Oranie, la mare n'est pas totalement absente, mais ne dépasse jamais 0.80 cm, ce qui peut entraîner des particularités locales sur nos plages sableuses (Guilcher, 1954 in Hamidi, 1989).

La coupe schématique levée au niveau de la plage de Cap Falcon donne les divisions morphologiques suivantes: -la crête de plage: représentée par des accumulations dunaires

d'épaisseur importante (dune de Cap Falcon). A ce niveau, en raison de la mobilité dunaires, la carte topographique n'est pas constante.

-Bas de plage: au niveau duquel sont les crêtes et les sillons pré littoraux.

### **VII -3- Le site du point de vue édaphique :**

Le cordon dunaire est constitué par des dunes encroûtées surmontées par une épaisse série de sables dont une partie est faiblement pédogénisée en surface (Remaoun, 1987). Le sable est de couleur jaune, les taux de sable grossier, de sable fin, de limon et d'argile varient respectivement : de 45% à 50%, de 45% à 52%, de 1,2% à 2,2 % et de 0,8% à 1,8% (Bendimered, 2014). Les taux de matière organique (1%) et d'humidité (0,1%) sont très faibles avec un taux moyen en calcaire total (reste de coquilles provenant de la mer) qui varie entre 15,6 et 21,8%, le pH étant voisin de la neutralité (7,2 à 7,4), alors que la salinité reste faible : variant entre 0,2 et 0,7 (Bendimered, 2014).

Le sol présente une texture sableuse, une structure particulière à forte perméabilité et une capacité d'infiltration très élevée ainsi qu'une aération très importante.

### **VII-4- Climat et bioclimat :**

La région à laquelle appartient notre site de prélèvement est caractérisée par des pluies à haute fréquence qui s'associent à une dynamique marine profonde. Ce milieu est soumis à une brise marine humide (Alcaraz, 1982). Cet écosystème est pleinement exposé à l'action favorable de la forte humidité printanière et estivale.

Plusieurs travaux ont complétés les données de la variation des paramètres climatiques notamment (Hamidi, 1989) pour la période de 1960 à 1985 ; Bekka (1998) pour la période de 1985 à 1996 ; par Tabet (2008) pour la période de 1996 à 2011 (Bendimered, 2014).

➤ -*La pluviométrie* : les pluies sont faibles et montrent leur plus forte croissance entre les mois de septembre et mars (100 à 160mm) ces chiffres sont obtenus à partir de la moyenne (de 1976 à 2000). Plus de 60% du total annuel des pluies est enregistré pendant la seule saison hivernale. Le mois de janvier enregistre 30% de la pluie littorale annuelle, 10% en décembre, 10% en mars (Bouras *et al.*, 2007) (Annexe 03).

➤ -La variabilité saisonnière de la pluviométrie :

Le maximum principal est centré sur les mois de Octobre à Décembre et atteint en moyenne 150mm, le maximum secondaire sur les mois de janvier à Avril et ne dépassant pas 10 mm. Ceci est en parfaite cohérence avec les variations saisonnières des températures maximales. Au moment où elles s'annulent, les précipitations augmentent et vis versa (Bouras et Boutiba, 2007) (Annexe 03)

Selon Bendimered (2014), les variations moyennes des précipitations réalisées sur la base de séries de 5 années (1924 à 2011) indique deux saisons distinctes (Figure 18) :

- une saison sèche (période estivale)
- une saison humide (période hivernale)

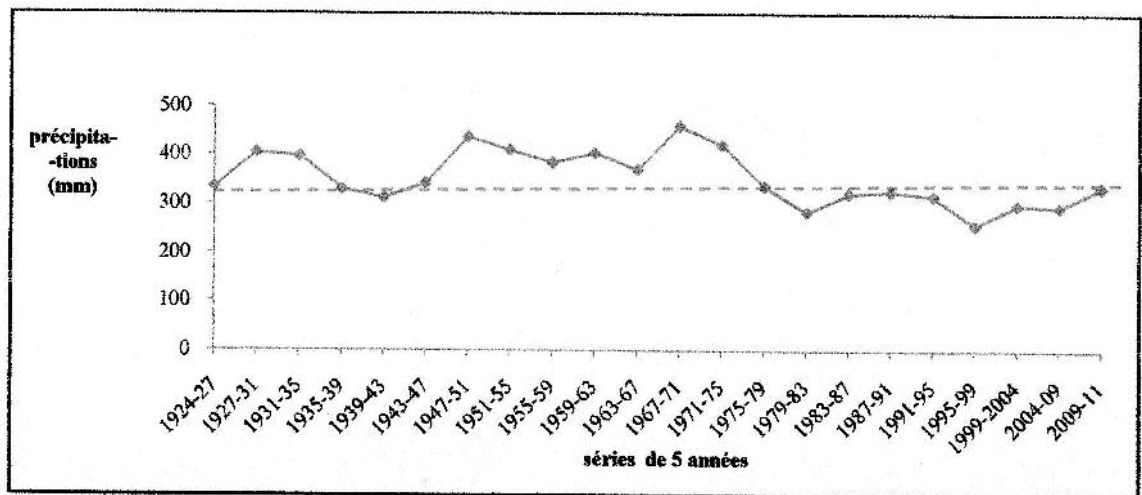


Figure 18 - Variations des précipitations annuelles moyennes de séries de 5 années consécutives pour la période de 1924 à 2011 (Bendimered, 2014).

L'analyse de la répartition saisonnière des moyennes des précipitations montre que le site de Cap Falcon est soumis à un régime pluviométrique du type HAPE, régime caractérisant les régions littorales (Alcaraz, 1982).

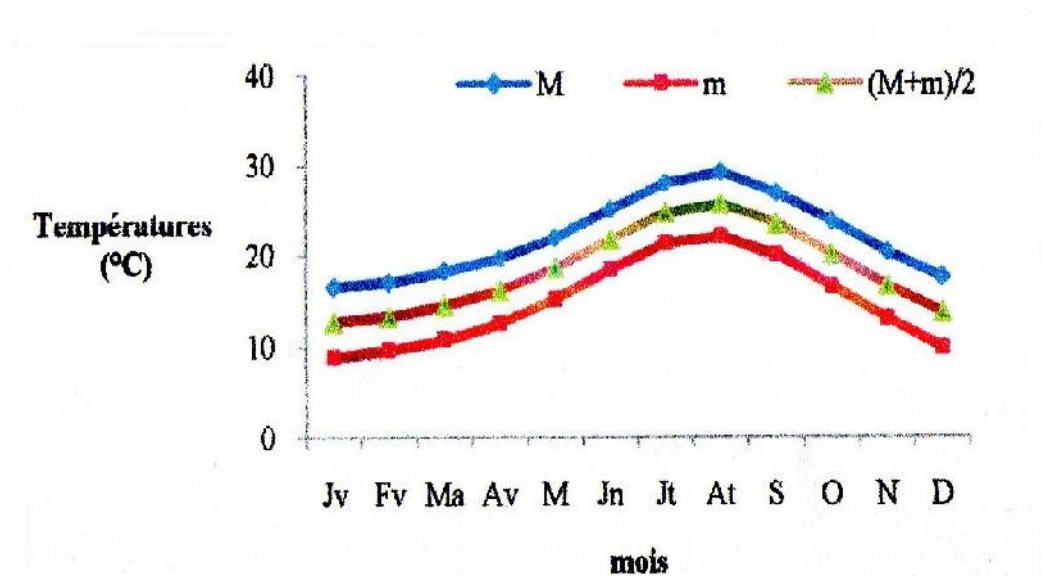
➤ *La variabilité saisonnière de la température* (Annexe 03) :

Les saisons observées de 1976 à 2000 de la région témoignent de la présence de fortes fluctuations saisonnières :

- Une décroissance de la température de Septembre à Février.
- Une valeur minimale en Décembre et en Janvier ( $m = 6$  à  $8^{\circ}\text{C}$ ).
- Une augmentation aux mois de Mars à Juin.
- Un maximum de Juin à Août ( $M = 25$  à  $28^{\circ}\text{C}$ ).

Sur une période de 48 ans (1963 à 2011), (Figure 19 )

Selon l'analyse des valeurs moyenne des températures minimales et maximales, il a été constaté que la région littorale à l'ouest d'Oran est soumise à un régime thermique clément. Les températures moyennes varient entre  $8^{\circ}\text{C}$  et  $30^{\circ}\text{C}$ , des limites tolérées par les organismes mésophiles (Bendimered, 2014).



**Figure 19 - Variations annuelles des températures moyennes mensuelles (M+m)/2 et extrêmes (minimales(m) et maximales (M) période de 48 ans (région ouest du littoral oranais) (Bendimered, 2014)**

➤ *La variation saisonnière du vent :*

Orientation des dunes par rapport aux vents dominants : la forme et l'allongement des dunes sont conditionnés par le régime des vents qui règnent sur le littoral. Oran est bâtie dans une dépression de la chaîne côtière entre les monts du Murdjajo et le djebel Kahr. Si le vent souffle au large d'une direction à peu près parallèle à la chaîne côtière, il garde cette direction à Oran, s'il a une direction Nord à nord-est. Il s'en gouffre dans la dépression d'Oran. Cela explique les roses des vents observés à Cap Falcon (Bouras et Boutiba, 2007) (Annexe 03).

Direction dominante très marquée Nord Est et Ouest à Ouest sud-ouest, à Oran directions variables autour de la dominante Nord-ouest.

Plus à l'ouest, à partir de Terga, les vents présentent des directions d'écoulement variables qui influencent l'orientation des dunes. La direction générale des dunes est SW-NE entre Bousfer –plage et des Andalouses ; elles deviennent approximativement NS au niveau de la localité d'Ain Turk (influence du djebel Santon qui fait écran et dévie les vents venant du SE. Au sud de Cap Falcon, la direction devient variable (Hamidi, 1989). (Annexe 03).

Les données de vent de surface disponible sont obtenues à partir des relevés météorologiques d'Oran (1976-2000). Elles montrent l'évolution saisonnière et annuelle de la vitesse du vent. Un signal saisonnier important est marqué dans la saison hivernale et automnale défini respectivement par un maximum aux mois de Mars et Octobre et un minimum aux mois d'Août. Sur une série d'enregistrement (1971-1974), le vent varie entre (110 et 171 km/h) dans différentes directions. Dans la suite de la série jusqu'à l'année 2000, le vent varie entre 0 et 80 km/h (Annexe 03) (Bouras *et al.*, 2007). L'action du vent est déterminante dans le milieu dunaire du point de vue physique (évaporation, humidité, teneur en sel) et du point de vue biotique (dessèchement du sol, augmentation de l'évapotranspiration des végétaux).

L'analyse du régime et de la dynamique éolienne montre l'importance saisonnière et mensuelle de l'action éolienne sur les espaces dunaires et leur couverture végétale (Ramaoun, 1993).

➤ *L'humidité :*

L'humidité relative est particulièrement élevée sur le littoral oranais, elle est toujours supérieure à 60 % dans la station de Cap Falcon, elle varie peu pendant l'année et présente une moyenne annuelle de 80,83% pendant une période de 30 ans (1976-2006) (Annexe 03).

D'une manière générale, les champs d'humidité et de divergence du vent à la surface de la bande côtière oranaise peuvent expliquer une part importante de la variabilité des pluies aux échelles météorologiques et climatiques.

L'humidité relative est une donnée importante car si elle est élevée, elle réduit l'évapotranspiration, favorise l'humidification de la surface du sable et diminue sa mobilité (Bendimered, 2014).

➤ *Synthèse climatique et bioclimat*

L'indice saisonnier révèle 2 périodes semi-arides : le printemps et l'automne, une période subhumide : hiver et une période aride : été, ce qui traduit le caractère différentiel des 4 saisons du point de vue de la sécheresse.

La région est caractérisée par à un bioclimat méditerranéen littoral ( $15^{\circ}\text{C} < M - m < 25^{\circ}\text{C}$ ) (Bendimered, 2014) et appartient à l'étage bioclimatique semi-aride avec une longue période de sécheresse, l'hiver est doux, sans gel car le site est largement ouvert aux influences marines (Figure 20).

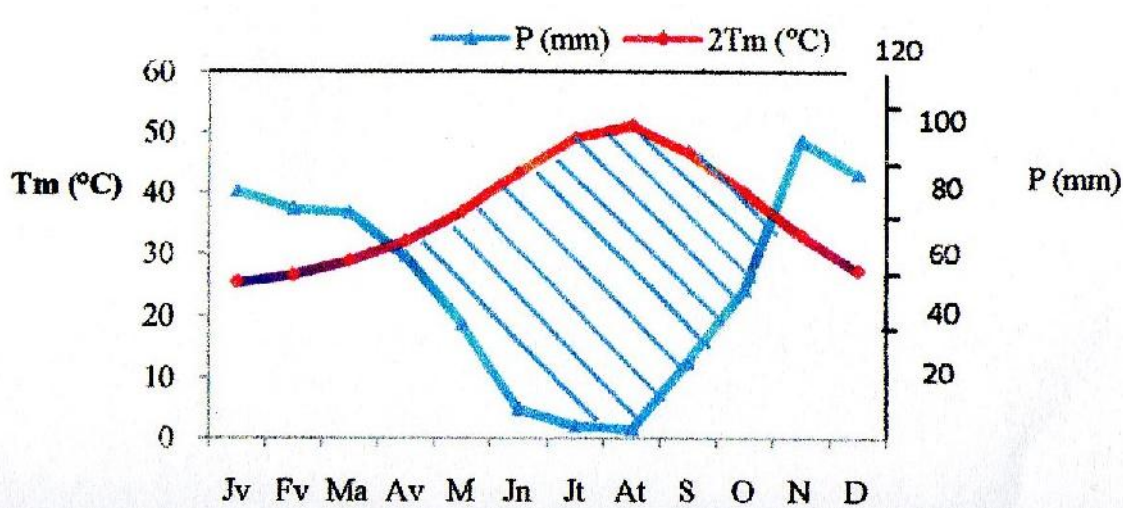




Figure 20 - Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station de Cap falcon (période de 1963 à 2011) (Bendimered, 2014).

 Période sèche de l'année ( $T > 2P$ )
  Période humide ( $T < 2P$ ).

### V- Le site du point de vue floristique:

L'habitat générique regroupe l'ensemble des végétations pérennes du revers maritime. La végétation du littoral est pour sa majeure partie du type psammophile, halophile et xérophile.

Les groupements végétaux de la région dunaire du Cap Falcon se distinguent par une végétation arbustive, herbacée et buissonnante, de différents types biologiques (Alcaraz, 1982 ; Aime, 1983 ; Meziani, 1984 ; Bendimered, 1997). Les espèces sont caractéristiques d'un certain nombre de groupements :

➤ *les groupements pionniers :*

Allant de la plage aux dunes moins fixées ce sont : les groupements à *Cakile maritima*, le groupement à *Crucianella maritima*, le groupement à *Centaurea sphaerocephala*, le groupement à *Ononis variegata* et enfin le groupement à *Ammophila arenaria*.

Ces 5 groupements appartiennent à la classe des *Ammophiletea*.

En arrière des groupements pionniers, il y a l'installation d'espèces ligneuses pré-forestières : *Juniperus phoenicea*, *Ephedra fragilis*, *Chamaerops humilis* (Alcaraz, 1982 ; Aime, 1983).

La face de la dune sur laquelle ont été faits les prélèvements d'échantillons, est une dune vive, caractérisée majoritairement par des touffes d'*Ammophila arenaria* puis secondairement par quelques buissons de *Retama monosperma* et des espèces annuelles. La richesse floristique varie d'une saison à l'autre et est caractérisée par des espèces annuelles éphémères telles que : *Daucus carota*, *Sinapis pubescens*, *Chenopodium sp.*

Et d'autres plus spécifiques des sables maritimes, tels que :

- *Lotus creticus*, *Orlaya maritima*, *Plantago coronopus*, *Echium arenarium*,  
*Malcomia littorea*, *Ononis variegata*, *Mesembryanthemum arenarium*

## **Partie expérimentale: MATERIELS ET METHODES**

L'étude expérimentale a pour objectif la caractérisation biochimique de l'oyat par une évaluation quantitative des concentrations de la proline ,des sucres solubles et des éléments minéraux de cette espèce poussant dans son milieu naturel dans le but d'établir un profil biochimique pour mieux comprendre le comportement de cette graminée vivace confrontée à plusieurs contraintes environnementales en même temps durant tout son cycle de développement. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés également à connaître la variabilité génétique des populations de l'espèce en question prélevée dans deux sites différents au moyen de marqueurs moléculaires ISSR.

La réalisation de cette étude a été effectuée aux laboratoires de biologie végétale de la faculté des sciences de Sidi Bel Abbès, la partie concernant le dosage des éléments minéraux au laboratoire de chimie organique appliquée, université Caddi Ayyad,Marrakech. Enfin, la partie de la variabilité génétique a été réalisée au niveau du laboratoire d'agro biotechnologie et de nutrition en zone semi-aride, université de Tiaret.

### **I-Matériel :**

#### **I-1-Matériel végétal :**

Le matériel végétal ayant fait l'objet de cette première partie de l'étude concerne le dosage de la proline et des sucres solubles. Les organes de l'oyat pris en considération sont les feuilles âgées et jeunes, les tiges âgées et jeunes et les rhizomes poussant dans les conditions naturelles. Le site choisi pour le prélèvement des échantillons de la plante est une dune du cordon de Cap Falcon du littoral de la wilaya d'Oran. Dans ce site, les dunes sont en voie de remobilisation marquée par l'extension importante et le développement luxuriant de l'Oyat.

Pour les 4 saisons de l'année 2007-2008 et pour le printemps et l'été, deux autres organes ont été prélevés : les tiges florifères et les épis.

Le matériel du laboratoire utilisé est énuméré dans la partie Annexes (Annexe 04).

## II- Méthodes :

### II-1- Préparation des échantillons de la plante :

Les échantillons sont prélevés pendant les quatre saisons de l'année, au même site et dans les mêmes conditions.

Des touffes entières sont déracinées avec soin et ramenées au laboratoire en prenant soin de protéger leur système souterrain dans de grands sachets remplis de sable du même site pour éviter toute dessiccation

La partie aérienne, feuilles et tige, est isolée de la partie souterraine représentée par les rhizomes et les racines. Les organes séparés sont pesés puis séchés à 80°C pendant 48h pour la détermination du poids sec et conservés à -20 °C en attendant les analyses.



**Figure 21 -Touffes âgées ( → ) et jeunes ( → ) de l'oyat dans son site naturel**

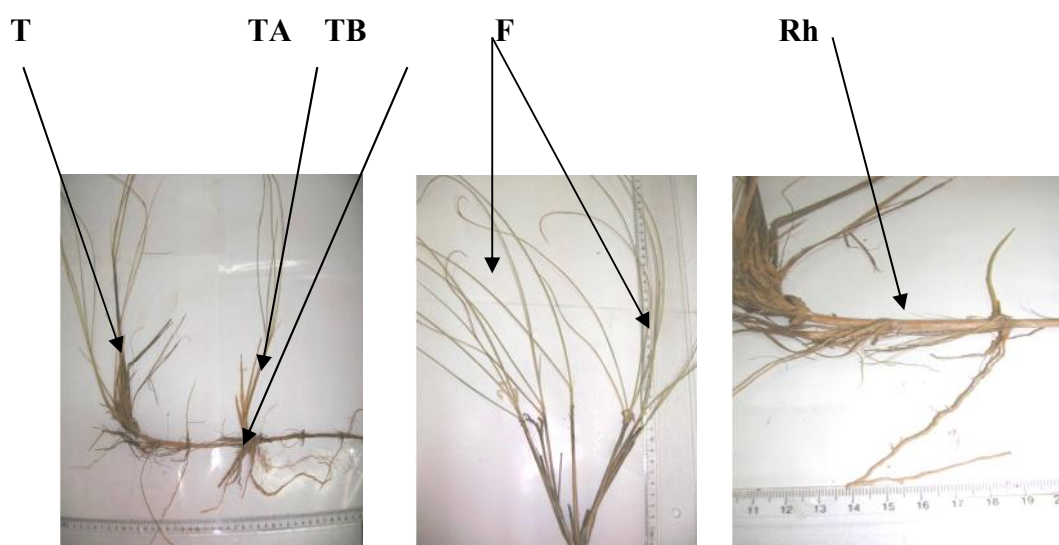
**(Dune de Bomo et Terga )**

**(Cliché MOURI-BEKKHOUCHA, 2013/2014)**

Aussi, afin de montrer l'effet de l'âge sur la teneur des deux substances de stress, les organes concernés par les dosages proviennent de deux types de touffes: les touffes âgées et les touffes jeunes (Figure 21). Les touffes âgées sont reconnaissables par leur taille et leur grande rigidité, les jeunes touffes se développent à partir de bourgeons rhizomateux autour de la touffe âgée.

Les feuilles qualifiées de âgées sont celles du troisième rang ayant achevé leur croissance et atteint le maximum de leur longueur dont la valeur se situe entre 50 et 60 cm, tandis que les feuilles jeunes sont celles du même rang que les feuilles âgées mais en pleine croissance et présentent une longueur égale à la moitié de celle de ces dernières (de 20 à 30 cm).

Chaque échantillon végétal est préparé pour les dosages dans le but de déterminer quantitativement la teneur en proline et en sucres solubles dans les 3 principaux organes : feuilles, tige et rhizome, leur variation dans le temps et en fonction de l'âge de la plante (Figure 22).



**Figure 22 - Les différents organes de l'oyat récoltés pour les dosages de la proline des sucres solubles et les éléments minéraux**

T: tiges (Chaumes)

F : feuilles (limbes)

Rh : rhizomes

TA : zone de tige proche du limbe (partie supérieure)

TB : zone de tige proche du rhizome (partie inférieure)

## II-2 Extraction et dosage de la proline :

### a-Extraction:

L'extraction fait appel à l'éthanol selon la méthode de l'A.O.A.C (1955) modifiée par Nguyen et Paquin (1971).

-100 mg de chaque échantillon sont broyés dans 1,25ml d'éthanol 95 % puis rincés 3 fois avec 1,25 ml d'éthanol à 70 % chaque fois. Un volume d'environ 2,5 ml est prélevé de la combinaison des 3 surnageants obtenus auxquels sont ajoutés successivement 1ml de chloroforme et 1,5 ml d'eau distillée. Le matériel végétal est gardé toute la nuit au froid à 0°C.

### b-Dosage:

La proline est dosée et analysée selon la méthode de Bergman et Loxley (1970) qui consiste en les étapes suivantes :

-1 ml de la phase supérieure du matériel végétal, déjà décanté, est prélevé en évitant de toucher à la phase inférieure puis sont ajoutés 2 ml de solution de NaCl 5M et 5ml l'eau distillée.

-Après agitation, 2 ml de la solution sont placés dans un tube à essai auxquels sont ajoutés 2ml de solution tampon phosphate (Acide phosphorique 5,2 M et de phosphate de sodium 3,88M) à pH 2,5 et enfin 4 ml de solution de ninhydrine (0,125 g dans 2 ml d'acide phosphorique 6M, plus 3ml d'acide acétique glacial).

-Les tubes sont agités et placés au bain marie bouillant pour le développement de la coloration. Une fois le mélange refroidi, la densité optique est lue à une longueur de 505 nm sur un spectrophotomètre à absorption moléculaire.

Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  de proline en référence à une courbe-étalon réalisée à partir de concentrations croissantes de proline de 25 à 125  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  obtenues à partir d'une solution mère à 0,125 % d'éthanol à 70 %.

Les résultats sont traités statistiquement par l'analyse des séries appariées du test de STUDENT à  $p=5\%$  pour tous les échantillons de feuilles âgées et jeunes, tiges âgées et jeunes, rhizomes et pour les quatre saisons avec cinq répétitions pour chaque échantillon à l'aide du logiciel STATVIEW.

### **II-3 Extraction et dosage des sucres solubles :**

Pour le dosage des sucres solubles, nous avons utilisé la méthode au phénol de Dubois *et al.* (1956). Selon cette méthode, l'extraction des sucres se fait sur 100 g de matière végétale par addition de 3 ml d'éthanol à 80 % et macération à température ambiante pendant 48h.

- Au moment du dosage, les tubes sont placés dans une étuve à 80° C pour faire évaporer l'alcool, le précipité est alors dilué avec 20 ml d'eau distillée.

- À 1 ml de la solution à doser est ajouté 1 ml de solution de phénol à 5%, après agitation,

- 5 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés, la température du mélange atteint environ 110°C puis après une agitation rapide les tubes sont refroidis 45 mn à 5 °C.

- Les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 485 nm réglée sur un spectrophotomètre d'absorption moléculaire après un repos de 30 mn à l'obscurité.

Les résultats des concentrations sont déterminés à partir d'une courbe-étalon réalisée à partir de solutions de glucose à différentes concentrations dans l'eau distillée.

### **II-4-Traitement des données :**

Les résultats obtenus sont traités statiquement en utilisant l'ANOVA des séries appariées du test de STUDENT à  $p=5\%$  sur tous les échantillons feuilles âgées et jeunes, tige, rhizomes selon les saisons avec 5 répétitions pour chaque échantillon de la même manière que pour la proline avec le même logiciel.

La corrélation entre les deux substances de stress (proline et sucres solubles) en fonction des saisons et de l'âge de la plante est déterminée par à l'aide du logiciel STAT12.

## **II-5 Le dosage des éléments minéraux :**

Les échantillons de l'oyat ont été récoltés au cours de la saison printanière de l'an 2012. Les organes de la plante pris en considération dans cette deuxième partie expérimentale sont : les feuilles (âgées et jeunes), les tiges (âgées et jeunes et les parties proches de la feuille et du rhizome de la tige) et enfin le rhizome (Figure 22) et sont récoltés du même site que ceux de la première partie du travail.

Les lots subissent un séchage complémentaire à l'étuve afin d'uniformiser le taux d'humidité résiduelle et surtout de permettre un meilleur broyage ultérieur.

### **a-Matières minérales (taux de cendres) : (CIRAD, 2004)**

Le taux de cendres du matériel végétal est le résidu minéral après destruction de la matière organique par calcination (Battistel, 1997).

Cette détermination est réalisée à 500°C au cours de la procédure de mise en solution des éléments minéraux (Procédure PopV04).

### **b- Minéralisation simple : Procédure N PopV03**

-0,5g de matériel végétal préalablement séché, est minéralisé par addition d'acide nitrique et chauffé dans un four pendant 1h à 450°C.

Après refroidissement, le résidu obtenu est humecté avec 5 ml d'acide chlorhydrique concentré, repris par 5ml du même acide puis filtré pendant 15mn. La solution obtenue est ajustée à 10 ml d'H<sub>2</sub>O distillée.

Les éléments minéraux ainsi solubilisés sont déterminés par spectrométrie d'émission atomique par plasma inductif (à couplage inductif) : Inductively coupled Plasma (ICP). C'est une technique qui est utilisée pour la détermination de la composition élémentaire d'un élément. Elle permet de tirer le bénéfice maximum d'informations spectrales disponibles. Le système JOBIN-YVON70ICP est équipé du détecteur CCD (Couplage Charge Device) : c'est un dispositif à couplage de charges qui autorise la détermination simultanée, à

plusieurs longueurs (200 nm à 800 nm) La longueur d'onde est fonction des coordonnées sur plaque de tous les éléments de la classification périodique des éléments.

Les dosages sont effectués en réalisant un étalonnage qui respecte les conditions du milieu analysé. Les calculs sont effectués par interpolation par rapport à la gamme d'étalonnage.

### **c-Traitement de données :**

Les résultats sont analysés statistiquement à l'aide du logiciel SPSS12. Les valeurs obtenues sont la moyenne statistique de 3 répétitions avec un intervalle de confiance de 95 %.

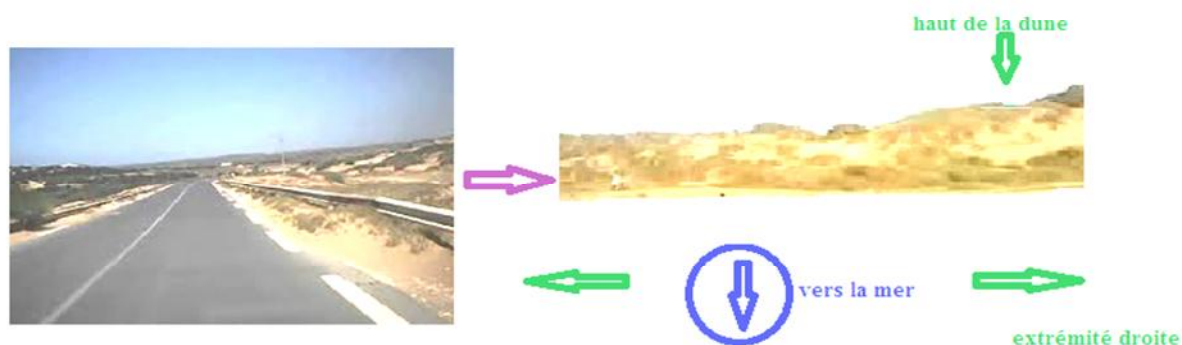
Les résultats des corrélations sont récapitulés dans un diagramme de composantes dans l'espace pour montrer les relations entre les groupes d'informations.

## **II-6 Etude de la variabilité génétique par utilisation du marqueur moléculaire (ISSR) :**

### **II-6-1 Matériel végétal :**

Les échantillons pris en considération pour cette partie de l'étude expérimentale sont prélevés, en période estivale de l'an 2013, d'une manière aléatoire dans deux stations géographiquement éloignées (Dune de Terga-plage et dune de Bomo-plage) (Figure 23)

Le prélèvement de la partie aérienne de l'oyat est soigneusement fait en prenant en compte le haut et le bas, le milieu et les extrémités latérales de la dune (altitude : 20 m du bas). Une fois prélevés, les échantillons ont été immédiatement mis dans du gel de silice en attendant les dosages.



**Figure 23 - Sites d'échantillonnage des individus de l'oyat  
(partie variabilité génétique)**

### **II-6-2 Extraction de l'ADN :**

L'ADN a été extrait selon la méthode CTAB (cetyl-trimethyl-ammonium bromide). D'après Carmen (2008), la quantité et la qualité de l'ADN utilisable pour l'analyse dépendent largement des techniques employées dans la collecte et la préservation du matériel végétal avant l'extraction.

La technique est réalisée selon le protocole suivant: 100 mg de feuilles séchées sont placés dans des tubes d'Eppendorf et broyés dans un vibro-broyeur en présence d'azote liquide, 700 $\mu$ l de solution CTAB et 1.4 $\mu$ l de  $\beta$ -mercaptoéthanol sont ajoutés.

L'ensemble est mis en incubation dans un bloc sec à la température de 55°C pendant 30mn. Les tubes sont ensuite centrifugés (centrifugeuse HETTCH-MIRRO 200R) à 11000tr/mn pendant 5mn à 4°C. Le surnageant est récupéré dans un autre tube d'Eppendorf auquel sont ajoutés 200 $\mu$ l d'un mélange chloroforme et alcool isoamylique (24 :1). Après centrifugation à 11000 tr/mn pendant 5mn à 4°C, le surnageant est récupéré dans un autre tube d'Eppendorf auquel le même volume d'éthanol absolu est ajouté .L'ADN est ainsi laissé

précipiter à -20°C durant 4h avant une nouvelle centrifugation à 13000 tr/mn, et une autre après addition de 200 µl d'éthanol 70%.

Le culot récupéré est séché à la température ambiante du laboratoire puis dissous dans une solution de TE (Tampon d'extraction) buffer et l'ADN obtenu est conservé à -20°C.

### **II-6-3 Choix des amorces pour les réactions ISSR :**

L'ADN obtenu est propre (nous avons constaté que l'extrait ne présente pas d'impureté) ; ce qui nous a permis d'appliquer la méthode d'ISSR comme marqueur d'étude de la variabilité génétique chez l'oyat.

Les amorces sont des fragments courts d'ADN ayant la capacité de s'hybrider de façon spécifique grâce à la complémentarité des bases sur l'un des deux brins d'ADN. Les amorces sont choisies de façon à encadrer la séquence d'ADN à amplifier. La taille de ces amorces est généralement d'une vingtaine de désoxyribonucléotides (Elyse et Alain, 2002).

Plusieurs amorces sont testées et l'amorce retenue est celle donnant des bandes claires. Il s'agit de l'amorce X14.

### **II-6-4 L'amplification de l'ADN :**

L'amplification de l'ADN des différents échantillons est réalisée en utilisant le marqueur moléculaire ISSR (Inter Simple Sequence Repeats). La technique SSR se base sur l'amplification par PCR de l'ADN génomique des amorces spécifique flanquant les séquences répétées. Les variations observées au sein de ces séquences concernent des variations du nombre de répétitions des motifs de base.

Le milieu d'amplification est préparé dans des tubes en plaque pour thermocycleur et contient : 1µl de solution d'ADN (concentration 50 nm/µl), 3µl solution PCR contenant Buffer PCR, 2µl d'ions magnésium (MgCl<sub>2</sub>), 1µl de désoxyribonucléotides-Tri-Phosphates (dNTPS) Primer, 0,2µl de Taq-polymérase, 22,8µl H<sub>2</sub>O et 1µl amorce X14 (Elyse et Alin, 2002).

Les réactions d'amplification sont conduites sur un thermocycleur (Eppendorf-TECHNE TC 5000) programmé pour une pré-dénaturation initiale à 94°C pendant 2mn, suivie de 30 cycles d'amplification comportant chacun une étape de dénaturation de 45

seconde à 94°C, une étape d'hybridation de 45 seconde à 50 °C et une étape d'élongation de 2mn à 72°C et enfin une élongation finale à 55 °C pendant 5mn et la température de la fin d'amplification est 4°C.

### **II-6-5 Migration des amplifias sur gel d'agarose :**

Après amplification, les amplifias des ISSR ont été séparés par électrophorèse sur gel d'agarose (Le gel d'agarose est de 1%), la migration a été faite à 80V pendant 1h et le milieu est constitué de 3µl d'ADN amplifié (produit de PCR) + 2µl dH<sub>2</sub>O + 1µl buffer de migration.

Les bandes d'ADN sont détectés grâce au bromure d'éthidium et visualisées sous radiation UV avec un dispositif pour prise de photos UV (DOC-PRINT VX2).

## **PARTIE EXPÉRIMENTALE : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

### **I-RESULTATS :**

#### **I-1 Variation des teneurs de la proline et des sucres solubles dans les organes de l'oyat en fonction des saisons :**

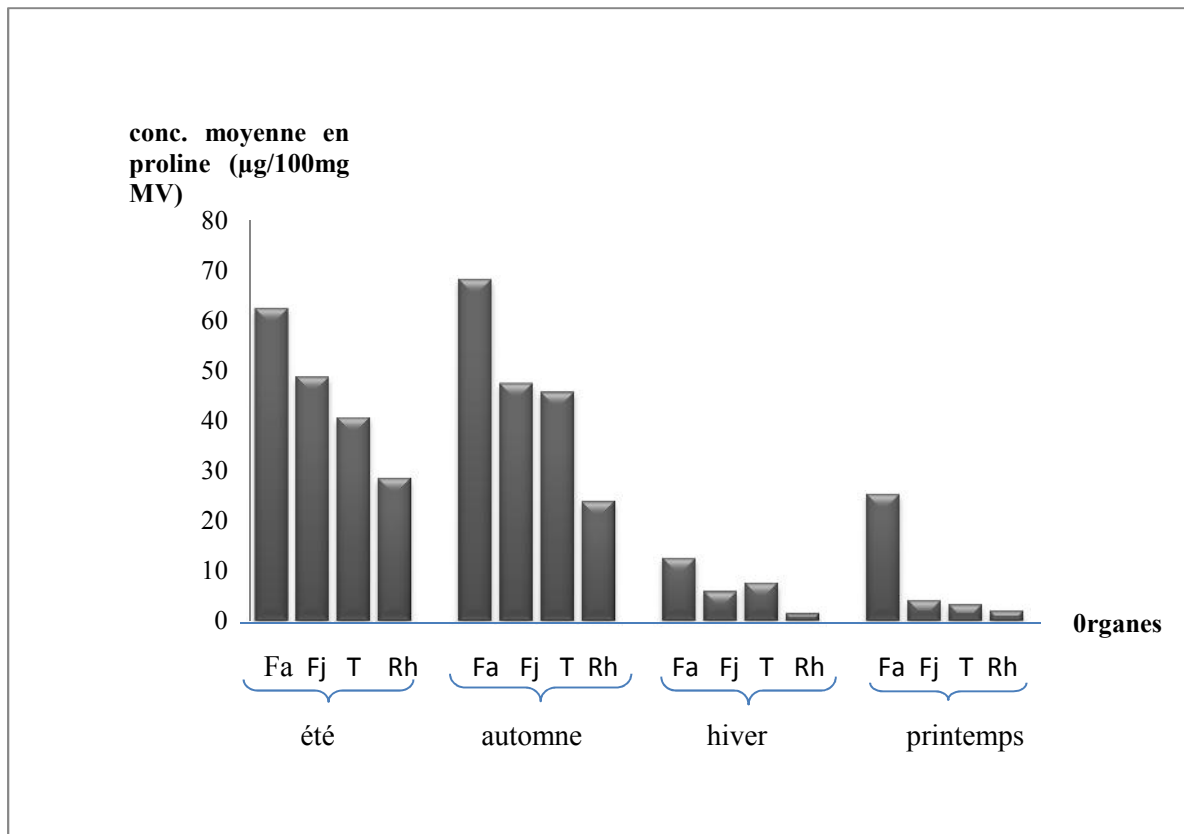
##### **I-1-1 Variation de la teneur en proline et en sucres solubles des différents organes par saison :**

La quantité de proline la plus élevée est enregistrée en été au niveau des feuilles âgées ( $62,299 \pm 0,277 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de matière végétale: MV), cette valeur décroît depuis les feuilles jeunes jusqu'aux rhizomes en passant par les chaumes avec les valeurs respectives de  $48,656 \pm 0,443$ ,  $40,509 \pm 0,353$  et  $28,462 \pm 0,412 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV (Figure 22). De la même manière, l'accumulation des sucres solubles avec de fortes teneurs est constatée au niveau des feuilles les plus âgées ( $179,134 \pm 0,420 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV), ces valeurs diminuent progressivement des feuilles jeunes vers le rhizome en passant aussi par les chaumes ( $131,386 \pm 0,299$ ,  $98,186 \pm 0,611$  et  $46,232 \pm 0,422 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV (Figure 23).

En saison automnale, le taux de proline le plus élevé est enregistré dans les feuilles âgées avec une valeur moyenne de  $68,071 \pm 0,499 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV suivie par celui des tiges dont la valeur moyenne est  $45,540 \pm 0,480 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV. Dans les feuilles jeunes la valeur moyenne est de  $47,407 \pm 0,459 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV et celle des rhizomes est la plus faible avec  $23,694 \pm 0,947 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV (Figure 22). Concernant les sucres solubles, les plus fortes valeurs sont enregistrées également dans les feuilles âgées suivies de celles des feuilles jeunes puis des tiges et les plus faibles dans les rhizomes avec des valeurs moyennes respectives de  $234,750 \pm 2,943 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ,  $101,737 \pm 1,445 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ,  $94,763 \pm 1,160 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  et  $84,342 \pm 0,511 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV (Figure 23) (Annexe 05).

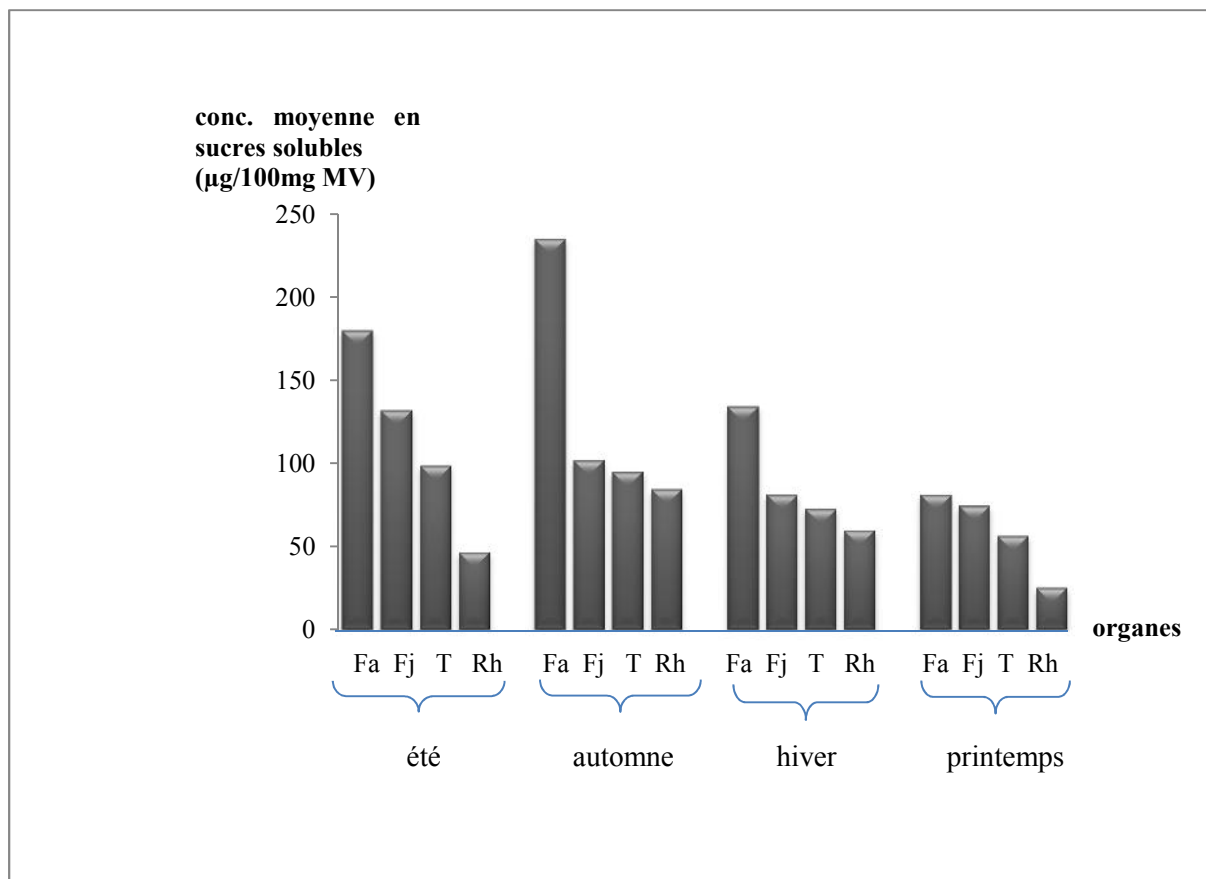
Durant le printemps, la concentration de la proline est moins importante que celle enregistrée en automne et en été, mais elle demeure toujours plus importante au niveau des feuilles âgées ( $25,213 \pm 0,280 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ). La diminution de la quantité de cet acide aminé est très marquée à partir des feuilles jeunes jusqu'au rhizome, les valeurs trouvées au niveau des feuilles jeunes, de la tige et du rhizome sont presque 6 fois moins importantes que celle des feuilles âgées et sont respectivement de :  $4,134 \pm 0,072$ ,  $3,311 \pm 0,233$  et  $2,033 \pm 0,013 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV (Figure 22). De même, les valeurs des concentrations en sucres solubles les plus basses ont été obtenues durant la période printanière avec une valeur toujours plus élevée dans la feuille âgée ( $80,773 \pm 0,277 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV). La diminution des concentrations est remarquable au niveau de tous les autres organes étudiés. Celles obtenues au niveau des rhizomes ( $25,041 \pm 0,630 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV) sont 3 fois moins importantes que celles trouvées au niveau des feuilles âgées, et moins de la moitié de la valeur moyenne trouvée dans le chaume ( $56,007 \pm 0,374 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV) (Figure 23).

L'hiver est la saison où les plus basses concentrations en proline sont enregistrées et ce, au niveau de tous les organes, de la feuille âgée ( $12,490 \pm 0,354 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) aux rhizomes ( $1,418 \pm 0,226 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) (Figure 22). Les valeurs sont toujours plus importantes au niveau des feuilles âgées, deux fois plus élevés que celles des jeunes feuilles ( $5,852 \pm 0,461 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et des tiges ( $7,509 \pm 0,288 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV). La plus grande accumulation en sucres solubles est également observée au niveau des feuilles âgées ( $133,612 \pm 0,927 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV), la concentration diminue dans les feuilles jeunes ( $80,942 \pm 0,460 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et dans les tiges ( $72,350 \pm 0,661 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) jusqu'à ce qu'elle atteigne moins du tiers de la valeur au niveau du rhizome ( $59,382 \pm 0,477 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV) (Figure 23).



**Figure 22 - Variation des teneurs moyennes en proline (en µg/ 100mg MV) dans les quatre organes de l'oyat pour chaque saison**

Fa: Feuilles âgées, Fj: Feuilles jeunes; T: Tiges; Rh: Rhizomes



**Figure 23 - Variation des teneurs moyennes en sucres solubles dans les quatre organes de l'oyat pour chaque saison**

Fa: Feuilles âgées, Fj: Feuilles jeunes; T: Tiges; Rh: Rhizomes

L'analyse statistique montre des différences significatives entre les valeurs moyennes relatives aux concentrations respectives en proline et en sucres solubles des organes en fonction de chaque saison considérée (Annexe 05).

### **I-1-2-Variation des teneurs en proline et en sucres solubles du même organe pendant les quatre saisons :**

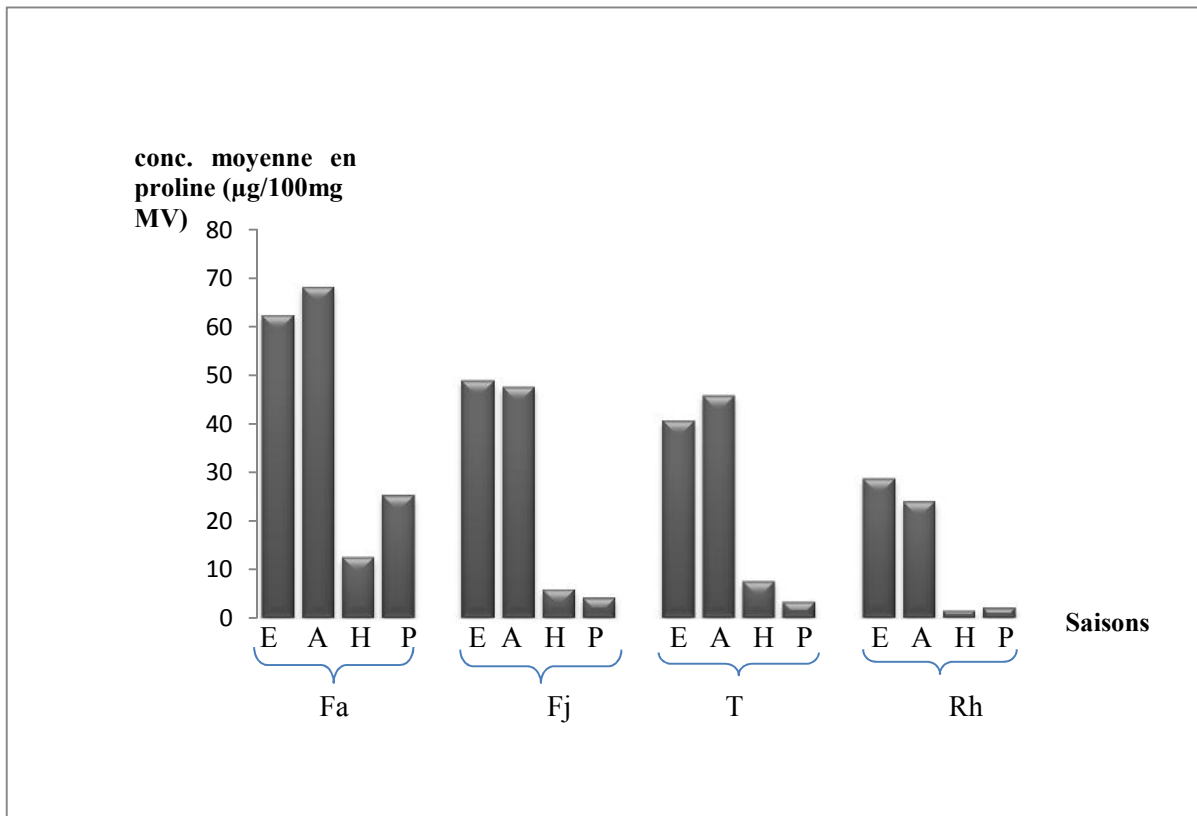
Les feuilles âgées concentrent le maximum de proline en automne ( $68,071 \pm 0,499 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV) contre un minimum enregistré en hiver avec une valeur moyenne de  $12,490 \pm 0,354 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ , elle augmente progressivement au printemps et en été et dont les valeurs passent du simple au double (Figure 24). Parallèlement, ces mêmes organes accumulent le maximum de sucres solubles en automne ( $234,750 \pm 2,943 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ), le minimum au printemps ( $80,773 \pm 0,277 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ), les valeurs des moyennes en sucres solubles en été et en hiver avoisinent le double de celles du printemps, tout en restant significativement différentes entre elles :  $179,134 \pm 0,421 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ , contre  $133,612 \pm 0,927 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  (Figure 25).

Les feuilles jeunes accumulent significativement moins de proline et de sucres solubles que les feuilles âgées pour les quatre saisons, ces valeurs étant les plus importantes en été ( $48,656 \pm 0,443 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) puis diminuent significativement en automne et atteignent le minimum au printemps ( $4,134 \pm 0,072 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ). (Figure 24). De même pour les sucres les mêmes variations sont enregistrées pour les quatre saisons considérées. Le maximum en été ( $131,387 \pm 0,299 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et le minimum au printemps ( $80,773 \pm 0,277 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) (Figure 25).

Dans les tiges, les concentrations en proline varient dans le sens décroissant depuis l'automne ( $45,540 \pm 0,480 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV) jusqu'au printemps ( $3,311 \pm 0,233 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) en passant par l'été ( $40,509 \pm 0,354 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et l'hiver ( $7,509 \pm 0,288 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) avec des valeurs significativement plus faibles que les feuilles âgées et les feuilles jeunes (Figure 24) de même que pour les sucres solubles (Figure 25) tandis que leurs concentrations diminuent significativement depuis l'été ( $98,187 \pm 0,612 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) jusqu'au printemps

( $56,007 \pm 0,374 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) en passant par l'automne ( $94,763 \pm 1,160 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ) puis l'hiver ( $72,350 \pm 0,661 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ ).

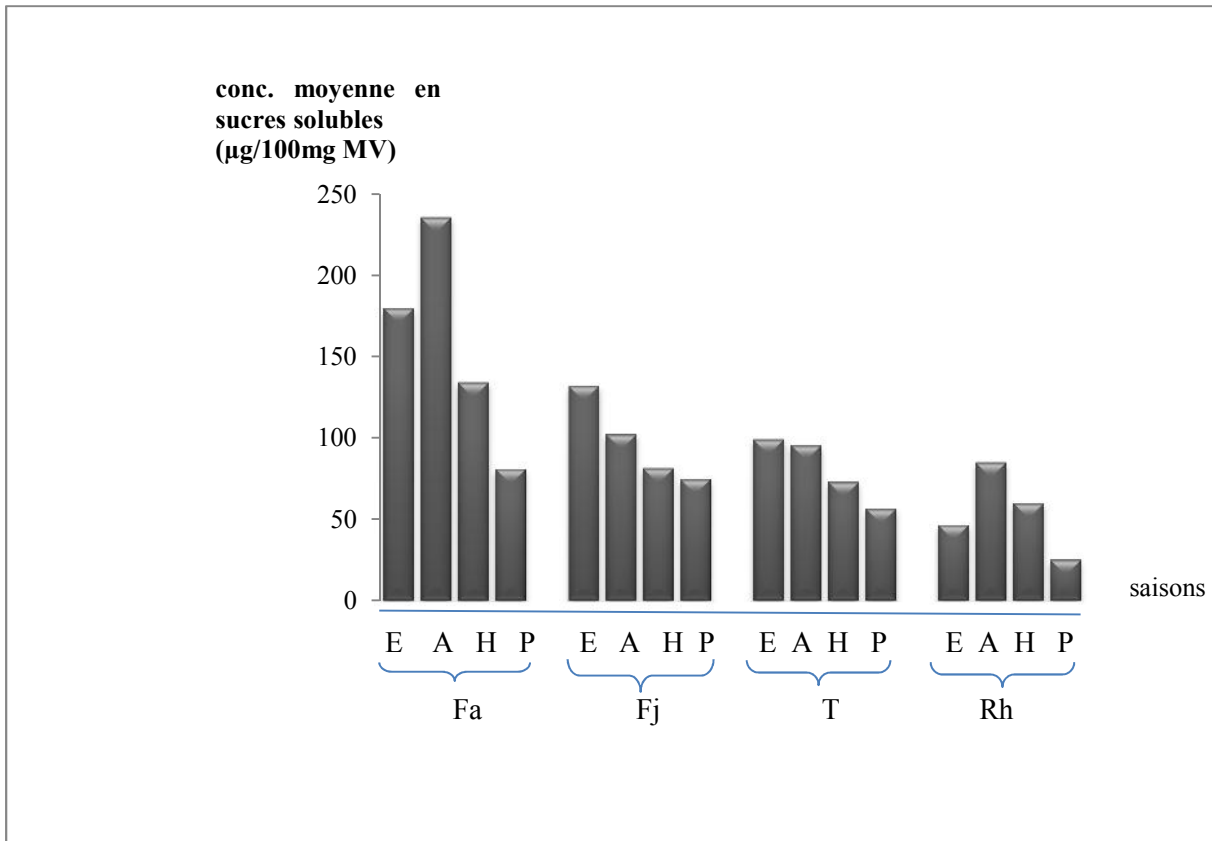
Les rhizomes montrent les valeurs les plus faibles en proline et en sucres solubles pour les quatre saisons par rapport aux autres organes étudiés: pour la proline, elles varient entre  $28,462 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV en été, valeur maximale et  $1,418 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  en hiver, valeur minimale, en automne elle est de  $23,694 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  et au printemps  $2,033 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  (Figure 24 ) et pour les sucres entre  $84,342 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$ , valeur maximale et  $25,041 \mu\text{g. } 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV, valeur minimale (Figure 25) (Annexe 05).



**Figure 24 - Variation saisonnière des teneurs moyennes en proline pour chaque organe de l'oyat**

E: Été, A: Automne, H: Hiver, P: Printemps, Fa: Feuilles âgées, Fj: Feuilles jeunes; T: Tiges;

Rh: Rhizomes



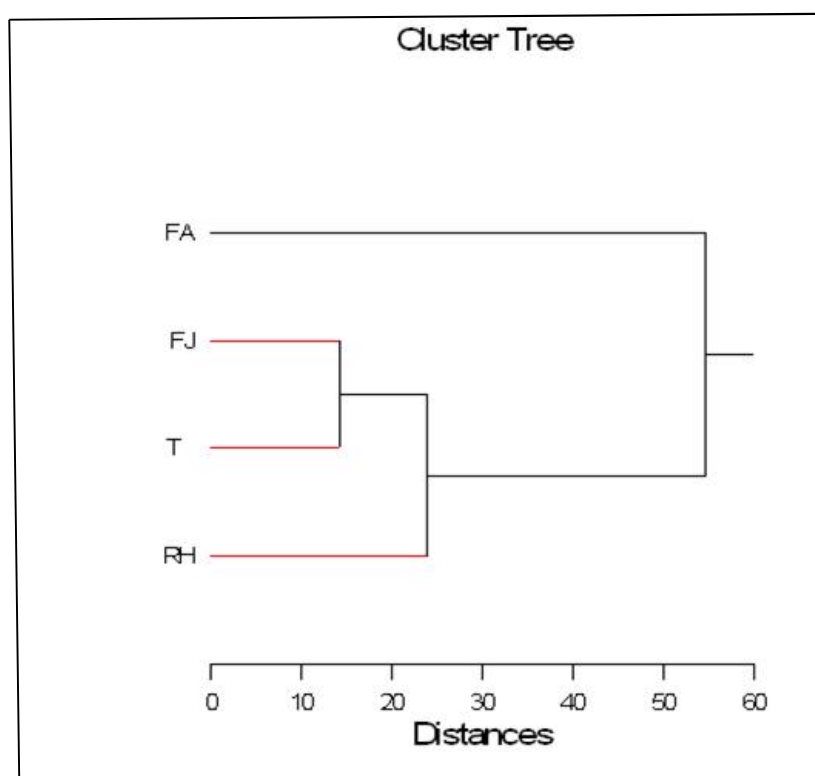
**Figure 25 - Variation saisonnière des teneurs moyennes en sucres solubles dans chaque organe de l'oyat**

E: Été, A: Automne, H: Hiver, P: Printemps, Fa: Feuilles âgées, Fj: Feuilles jeunes; T: Tiges;  
Rh: Rhizomes

L'étude statistique conforte le fait que le maximum d'accumulation en proline et sucres solubles a été enregistré au niveau de la partie aérienne et de manière notable dans les feuilles âgées et ceci, pendant les périodes les plus sèches et chaudes de l'année d'étude à savoir l'automne et l'été (Annexe 05).

Ainsi, le dendrogramme récapitulatif des différents résultats obtenus dans cette étude montre l'individualisation de quatre groupes: le paramètre FA (feuilles âgées) se trouve toujours en «out group» par rapport aux autres paramètres (FJ: feuilles jeunes, T: tiges, et RH: rhizome) (Figure 26), c'est-à-dire que les taux en sucres et en proline y sont les plus

importants et se démarquent largement par rapport aux autres organes. D'autre part, FJ et T, forment un groupe très proche où la distance ne dépasse pas 13. Ce groupe formé recompose avec RH une autre classe très proche de par la distance montrant, entre ces derniers groupes, une forte corrélation.



**Figure 26 - Dendrogramme interprétatif des matrices des corrélations à partir de l'indice de Pearson des résultats obtenus sur la variation saisonnière des teneurs en proline et en sucres solubles dosés sur les différents organes de l'oyat.**

FA: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: tiges, RH: rhizomes

## **I-2- Caractérisation minérale des différents organes de l'oyat :**

Les résultats relatifs à la teneur moyenne des différents éléments minéraux exprimés en  $\mu\text{g/g}$  de matière minérale déterminée par ICP sur les cendres obtenus après calcination des différents organes de l'oyat (feuilles, tiges et rhizomes) sont représentés sur le tableau 01.

Les éléments minéraux identifiés et quantifiés sont répartis en macroéléments et en oligoéléments :

- les macroéléments sont : le Calcium (Ca), le potassium (K), le sodium (Na) et le magnésium (Mg).

- les oligoéléments sont : le fer ((Fe), le Manganèse (Mn), le silicium (Si), le Zinc (Zn), le nickel (Ni), et les autres éléments utiles : l'aluminium (Al), le Bore (B) et le Sélénium (Se).

La teneur en éléments minéraux a été évaluée à partir des quantités d'ions trouvés par rapport aux différents organes et selon l'âge de ces derniers.

L'analyse de la variance ANOVA affirme l'hétérogénéité remarquée dans la répartition quantitative de la composition minérale (Annexe 06).

Les teneurs en Sodium  $\text{Na}^+$  des feuilles sont faibles par rapport à celles enregistrées au niveau du rhizome et de la tige. Les résultats concernant la feuille jeune montrent que la teneur du sodium est légèrement plus élevée que celle de la feuille âgée. Concernant la tige, la quantité de cet élément est plus faible dans la tige jeune que dans le même organe âgé en passant par de faibles teneurs pour la tige proche du rhizome (TB) et la tige proche de la feuille (TA) ; la teneur la plus importante est enregistrée au niveau du rhizome.

Les teneurs en potassium  $\text{K}^+$  révèlent que les tiges sont plus chargées en potassium que les feuilles et le rhizome. La tige axiale et le rhizome ont les plus faibles teneurs. La tige jeune est la plus chargée en potassium.

L'examen du tableau 01 montre que les teneurs en potassium au niveau de la feuille jeune sont plus élevées que la feuille âgée. La tige jeune est la plus chargée en  $\text{K}^+$  avec

une valeur de 151,27  $\mu\text{g/g}$  qui est une fois et demi plus élevée que celle enregistrée au niveau du rhizome.

Pour ce qui est des teneurs en calcium, les charges foliaires sont supérieures à celles des tiges et du rhizome sauf dans la tige jeune dans laquelle la valeur est une fois et demi plus élevée en calcium par rapport à la plus faible teneur observée au niveau du rhizome (70.20  $\mu\text{g/g}$  et 26.20  $\mu\text{g/g}$ ). Reste à observer que la feuille âgée est plus chargée en calcium cet ion que la feuille jeune et que la tige basale en est plus riche en calcium que la tige proche de la feuille et la tige âgée.

Quant au magnésium, la teneur la plus élevée et enregistrée au niveau de la tige âgée suivi du rhizome, de la tige jeune et la feuille âgée et jeune. Les teneurs en magnésium de la tige âgée est le double que celles observées dans la tige proche du rhizome et la feuille. Les valeurs en magnésium obtenues dans l'ensemble des organes considérés sont proches les unes des autres et comprises entre 10.73 $\mu\text{g/g}$  et 15.97 $\mu\text{g/g}$ .

Concernant le silicium et le fer, les teneurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la feuille âgée suivi de la tige jeune, âgée et la feuille jeune enfin la teneur la plus faible au niveau du rhizome en passant par des valeurs très rapprochées pour la tige et le rhizome (4.55  $\mu\text{g/g}$  à 6.50  $\mu\text{g/g}$ ) pour le silicium..

Les autres éléments : l'aluminium, le bore, le sélénium et le zinc sont présents à l'état de traces dans tous les organes (Tableau 01).

organes / éléments minéraux	Al ( $\mu\text{g/g}$ )	B ( $\mu\text{g/g}$ )	Ca ( $\mu\text{g/g}$ )	Fe ( $\mu\text{g/g}$ )	K ( $\mu\text{g/g}$ )	Mg ( $\mu\text{g/g}$ )	Mn ( $\mu\text{g/g}$ )	Na ( $\mu\text{g/g}$ )	Ni ( $\mu\text{g/g}$ )	Si ( $\mu\text{g/g}$ )	Se ( $\mu\text{g/g}$ )	Zn ( $\mu\text{g/g}$ )
Ta	1,30	0,33	<b>38,50</b>	1,57	<b>106,60</b>	15,97	10,63	<b>50,30</b>	0,13	6,33	0,30	0,27
RH	0,70	0,35	<b>26,20</b>	0,75	<b>92,30</b>	13,85	9,25	<b>60,10</b>	0,10	6,40	0,10	0,85
FA	1,10	0,60	<b>58,77</b>	3,00	<b>99,77</b>	11,77	4,23	<b>23,37</b>	0,27	9,00	0,13	0,40
FJ	1,10	0,40	<b>55,73</b>	1,23	<b>123,30</b>	10,73	7,17	<b>26,97</b>	0,10	6,50	0,20	0,20
Tj	1,40	0,13	<b>70,20</b>	2,23	<b>151,27</b>	12,97	8,63	<b>27,43</b>	0,17	6,03	0,10	0,20
TA	0,75	0,20	<b>42,05</b>	0,85	<b>65,55</b>	7,20	4,80	<b>14,35</b>	0,10	4,55	0,10	0,10
TB	0,77	0,20	<b>54,50</b>	0,47	<b>126,67</b>	7,47	4,97	<b>3,13</b>	0,10	4,07	0,10	0,13

**Tableau 01 - Teneurs moyennes des éléments minéraux (en  $\mu\text{g/g}$ ) dans les différents organes de l'oyat**

L'analyse statistique effectuée montre une variation importante dans la teneur des éléments minéraux au niveau des organes de la plante étudiée : feuille (âgée et jeune), tige (âgée et jeune) et rhizome (Tableau 02).

Org / Elm Miné $\mu\text{g/g}$	Ta	TJ	FA	FJ	Rh	TA	TB
Na	50.30±8.1 ES :4.85	27.43±6.9 ES :4.03	23.37±2.7 ES :1.19	26.97±0.1 ES :0.52	60.10±7.4 ES :5.40	14.35±3.61 ES :2.55	3.13±0.0 ES :0.23
K	106.60±2.3 ES :1.32	151.27±45 ES :2.6	99.77±1.5 ES :0.9	123.30±11 ES :0.66	92.30±1.4 ES :1.0	65.55±2.0 ES :1.4	126.67±2.48 ES :1.43
Ca	38.50±07 ES :0.43	70.20±1.7 ES :0.6	58.77±5.1 ES :2.8	55.73±0.1 ES :0.23	26.20±0.2 ES :0.23	42.05±1.12 ES :0.79	54.50±0.17 ES :0.09
Fe	1.57±0.51 ES :0.30	2.23±0.70 ES :0.41	3.00±1.39 ES :0.80	1.23±0.06 ES :0.03	0.75±0.07 ES :0.05	0.85±0.35 ES :0.25	0.47±0.15 ES :0.09
Mg	15.97±0.32 ES :0.18	12.97±0.31 ES :0.18	11.77±0.60 ES :0.34	10.73±0.06 ES :0.03	13.85±0.13 ES :0.6	7.20±0.21 ES :0.15	7.47±0.12 ES :0.07
Mn	10.63±0.21 ES :0.12	8.63±0.21 ES :0.12	4.23±0.44 ES :0.25	7.17±0.04 ES :0.23	9.25±0.9 ES :0.6	4.80±0.14 ES :0.01	4.97±0.12 ES :0.07
Al	1.30±0.36 ES :0.21	1.40±0.30 ES :0.17	1.10±0.1 ES :0.05	1.10±0.1 ES :0.05	0.70±0.00 ES :0.00	0.75±0.21 ES :0.15	0.77±0.2 ES :0.12
B	0.33±0.03 ES :0.01	0.13±0.06 ES :0.03	0.60±0.04 ES :0.02	0.40±0.02 ES :0.01	0.35±0.03 ES :0.01	0.20±0.00 ES :0.00	0.20±0.00 ES :0.00
Ni	0.13±0.06 ES :0.03	0.17±0.06 ES :0.03	0.27±0.06 ES :0.03	0.10±0.00 ES :0.00	0.10±0.00 ES :0.00	0.10±0.0 ES :0.0	0.10±0.0 ES :0.0
Si	6.33±0.072 ES :0.042	6.03±0.05 ES :0.029	9.00±0.01 ES :0.06	6.50±0.072 ES :0.042	6.40±0.09 ES :0.07	4.55±0.2 ES :0.1	4.07±0.05 ES :0.03
Sr	0.30±0.010 ES :0.06	0.10±0.00 ES :0.00	0.13±0.006 ES :0.003	0.20±0.00 ES :0.00	0.10±0.00 ES :0.00	0.10±0.0 ES :0.0	0.10±0.0 ES :0.0
Zn	0.27±0.006 ES :0.003	0.20±0.00 ES :0.00	0.40±0.02 ES :0.05	0.20±0.00 ES :0.00	0.85±0.021 ES :0.015	0.10±0.0 ES :0.0	0.13±0.06 ES :0.03

**Tableau 02 - Valeurs des moyennes et écarts types des teneurs des éléments minéraux (Elm Mine en  $\mu\text{g/g}$ ) dans différents organes (org) d'*Ammophila arenaria* (L.) prélevés dans les conditions naturelles. (ES :erreur standard).**

Éléments minéraux	Na	K	Ca	Fe	Mg	Mn	Al	B	Ni	Si	Sr	Zn
Test de signification	0.0	0.02	0.58	0.03	0.0	0.00	0.01	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

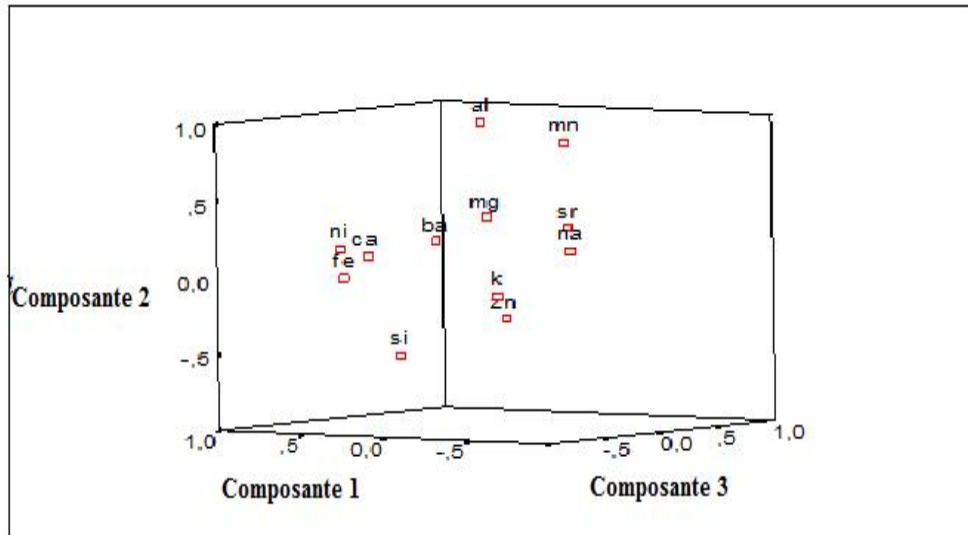
**Tableau 03- Tableau représentant les tests de signification effectués sur les valeurs des teneurs en éléments minéraux**

Organes	Ta	Rh	FA	Fj	Tj	TA	TB
$K^+/Na^+$	2.11	0.43	2.51	4.57	5.57	2.93	17.41

**Tableau 04 - Le rapport  $K^+/Na^+$  en fonction des organes de la plante**

Le rapport  $K^+/Na^+$  en fonction des organes de l'oyat est toujours positif pour feuilles, les tiges et le rhizome (Tableau 04) (Annexe 06).

## Diagramme de composantes dans l'espace après rotation



**Figure 27 - Diagramme récapitulatif des corrélations bilatérales des éléments minéraux de l'oyat**

La corrélation entre concentrations en éléments minéraux considérés dans cette étude a fait ressortir les relations possibles entre les différents éléments et a révélé une séparation claire en deux groupes en utilisant les corrélations bilatérales de Pearson. Récapitulés dans le diagramme « using average linkage » (Figure 27), les résultats montrent deux composantes : la première comprend : K, Na, Mg, Mn, Zn, Se, Al et l'autre composante constituée de Si, Fe, Ca, Ni et Ba ceci confirme les corrélations significatives à hautement significatives à l'intérieur d'une même composante (Tableau 02 et 03) (Annexe 06).

### I-3- Variabilité génétique des deux populations de l'oyat prélevée dans les stations de Bomo et Terga :

Sur les dix (10) bandes testées seul le X14 donne un résultat relativement bon. D'énormes difficultés ont été trouvées pour aboutir enfin à l'amplification de l'ADN pour ce marqueur moléculaire.

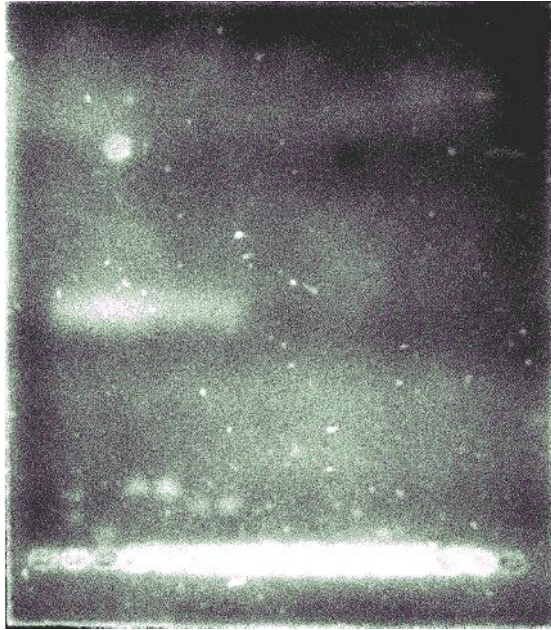
Taille des bandes (paires de bases)	B2	B1	T3	T1	B3	T2
2650	-	+	-	-	-	-
2500	+	-	-	-	-	-
2412	-	-	-	-	+	+
2100	+	-	-	-	-	-
1890	-	-	+	+	-	-
800	+	+	+	+	+	+

**Tableau 05 - Variabilité génétique de l'oyat en fonction des stations de prélèvement.**

B1 : station bomo : milieu bas de la dune      T1 : station Terga : milieu bas de la dune

B2 : station bomo : haut de la dune      T2 : station Terga : extrémité gauche et droite

B3 : station bomo : extrémité gauche et droite      T3 : station Terga : haut de la dune



**Figure 28 - Bandes d'amplification ISSR pour les individus d'*Ammophila arenaria*.(L) prélevés de deux stations (Bomo et Terga)**

Les résultats obtenus de l'étude des ISSR (Tableau 05 ), montrent que les bandes révélées chez les différents individus sont de tailles différentes. En effet, les individus analysés présentent une variabilité génétique marquée, prouvée par un peuplement d'amplifias de 6 bandes de taille très hautement variables. Les tailles de ces dernières varient entre des valeurs de 800 et 2650 paires de bases.

Les valeurs obtenues indiquent que ce nombre se répartit à travers 04 bandes ayant des tailles de valeurs supérieures à 2000 paires de bases, une seule bande présentant une taille d'une valeur comprise entre 1000 et 2000 paires de bases et une dernière d'une taille inférieure à 1000 paires de bases.

La variabilité génétique au sein de cette espèce est prouvée par une répartition différente des bandes amplifiées entre les individus étudiés. Ainsi, les bandes de tailles 2650 et 2500 paires ne sont révélées, respectivement, que chez les individus B1 et B2. Ces individus n'ont en commun avec les autres que la bande de la taille 800 paires de bases. L'individu B2 se distingue également de la collection par la révélation de la bande de taille 2100 paires de bases. Un second groupe englobe les individus T3 et T1 révélant des bandes d'une taille commune de 1890 paires de bases. Enfin les individus B3 et T2 s'intègrent dans un seul groupe en évoquant une bande d'une taille spécifique de 2412 paires de base.

## II- DISCUSSION :

### II-1- Variation des teneurs en proline et des sucres solubles dans les organes de l'oyat en fonction des saisons :

Les métabolites de stress, la proline et les sucres solubles, sont accumulés naturellement dans les feuilles d'un certain nombre d'espèces de psammophiles (Smirnoff et Stewart, 1985). A l'échelle cellulaire, leurs accumulations dans le cytosol est accompagnée d'une baisse de la concentration de solutés moins compatibles (les sels) et d'une augmentation du volume d'eau du cytosol assurant le maintien de l'équilibre osmotique (Patel et Vora, 1985). La proline fonctionnerait comme stabilisateur de membranes par interaction avec les phospholipides car, si la concentration en sels excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons, la glycolyse et le cycle de Krebs sont eux aussi affectés (Guillaume, 2006).

Les sables ont une faible capacité de rétention d'eau, l'accumulation de solutés est donc une réponse adaptative à la sécheresse du substrat. Elle est accentuée durant les deux saisons chaudes et sèches de l'année car les températures sont élevées et les précipitations sont rares, deux variables du climat qui jouent un rôle prépondérant dans la définition des réponses éco-physiologiques des espèces telles *Ammophila arenaria*. En conditions de stress, la plante contrôle son architecture et réduit la croissance foliaire qui est généralement plus importante que la réduction de la photosynthèse, il en résulte un excédent de sucres produits et donc une augmentation de leur teneur dans les feuilles (INRA, 2006). En même temps, exposée à une atmosphère humide et salée, l'oyat subit la salinité plus dans sa partie aérienne que dans sa partie souterraine, la production de ces composés osmoprotecteurs et leur accumulation assurent l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole des cellules des feuilles plus que celles des tiges et d'une manière moindre de celles des rhizomes et

présentent une réserve de carbone et d'azote pour la croissance et la stabilisation des protéines et des membranes (Solomon, 1985) et assurent une protection contre les lésions osmotiques (Schaller, 2005).

Par ses teneurs élevées, la proline paraît être l'osmolyte le plus largement distribué sous les conditions de stress dans lesquelles vit notre plante: climatiques (périodes sèches), pédologiques (substrat sableux), et atmosphériques (embruns salés). Son action serait plus efficace au niveau des feuilles, quant à sa teneur saisonnière, les périodes les plus sèches et les plus chaudes de l'année semblent être plus favorables à l'accumulation de cet acide aminé (été). Au stade âgé de la feuille, la quantité de proline augmente par rapport au stade jeune cela peut être dû aussi à une plus forte lignification des tissus (Bendimered, 1997). Nos résultats rejoignent ceux d'un certain nombre de travaux sur 5 variétés d'orge ; chez les plantules de tomates cultivées sous stress hydrique ou salin (Hernandez *et al.*, 2000) et chez *Nicotiana tabacum* (Dix & Pearce, 1981) qui montrent qu'il y a une relation entre la survie des feuilles et leurs teneurs en proline (Zid & Grignon, 1991). Selon Belkhodja & Bidai (2007), l'accumulation de proline augmente significativement avec l'augmentation de la concentration de la salinité chez l'Atriplex, espèce halophile par excellence, et varie en fonction de l'organe, de la nature et de l'intensité du stress (Djerroudi Zidane *et al.*, 2010). Aussi, il a été montré chez *Arabidopsis thaliana* que l'accumulation de la proline observée à la suite d'un traitement salin est la conséquence d'une régulation fine de son métabolisme (Parre *et al.*, 2007).

Du point de vue biochimique, l'accumulation de la proline serait provoquée par la synthèse accrue à partir du glutamate et de l'ornithine (Hare & Cress, 1997). En comparant avec la majorité d'autres acides aminés, la synthèse de la proline a un avantage métabolique en tant que produit terminal d'une voie relativement courte et hautement régulée. Sous conditions de stress, le métabolisme des acides aminés est largement altéré et la synthèse des

protéines augmente comme une conséquence de ces conditions métaboliques, la synthèse de la proline peut être promue par une augmentation des concentrations des métabolites accompagnée d'une production de précurseurs de proline et peut être la principale cause de l'accumulation de la proline dans les tissus des plantes exposées à des conditions de stress (Silveira *et al.*, 2002). En plus, la biosynthèse de la proline peut être associée à la régulation du pH cytosolique ou la production de NADPH pour la stimulation de la voie des pentoses-phosphates (Lutts *et al.*, 1996) .

Aussi, nos résultats montrent que la quantité de proline accumulée chez l'oyat est assez élevée, ce qui laisse penser que cet osmolyte compte parmi les paramètres biochimiques les plus efficaces permettant la résistance de cette plante aux conditions environnementales extrêmes et s'exprime de manière plus marquée dans les feuilles les plus âgées. Il migrerait depuis les différents organes vers ces feuilles dans un but de protection et d'augmentation de l'efficacité photosynthétique car certains travaux rapportent que la proline serait synthétisée dans les feuilles et transportée vers les sites de résistances aux agressions (Le Saint, 1966; Vezina et Paquin, 1982 ; La Liberte et Paquin, 1984) et d'autres signalent que la proline migre vers les feuilles et s'y localise sous contrainte saline tel est le cas pour le sorgho (Weimberg *et al.*, 1986), l'aubergine (JOSHI, 1984), le coton (Boutelier, 1996), la vigne (Immamulhuq & Larher, 1984), les fèves (Ait sadi, 1990 ; Belkhodja, 1996 ; Belkhodja & Benkabilia, 2000). Bellinger *et al.*, (1989) et Heyser *et al.*, 1989) rapportent que cette accumulation ne représente pas un indicateur de la sensibilité de la plante aux stress mais un indicateur de l'acquisition de la tolérance aux agressions.

Les résultats des dosages des sucres solubles nous ont permis également de noter des valeurs élevées au niveau des différents organes étudiés comparativement à ceux d'autres espèces étudiées en situation de stress hydrique ou salin, avec une variation de la teneur en fonction de l'âge de la plante pendant les quatre saisons de l'année. Les saisons les plus

sèches et chaudes et l'âge de la plante conditionneraient l'accumulation de ces carbohydrates. *Ammophila arenaria* est caractérisée par de fortes capacités d'ajustement osmotique conditionnées par l'accumulation de quantités élevées en sucres solubles qui est sans doute responsable de sa stratégie. Les teneurs en sucres solubles des feuilles notamment les plus âgées sont en effet indicatrices du degré de résistance de l'espèce à la salinité: plus la plante accumule de carbo-hydrates, plus elle est résistante (Rathert, 1984). L'accumulation accrue des sucres participerait au maintien de l'hydratation des feuilles et l'amplitude accrue serait alors un caractère important du renforcement apparent de la tolérance (Alarcon *et al.*, 1994). La teneur élevée des hexoses, essentiellement au niveau des feuilles âgées pourrait témoigner soit d'une limitation de leur utilisation suite à l'arrêt de croissance (Lawlor, 2002), soit d'une force d'appel importante et leur hydrolyse par des enzymes présentes dans ces organes.

La diminution des teneurs en sucres dans les feuilles pendant la période de récupération (hiver) semble rejoindre l'hypothèse émise sur leur réutilisation par la plante, contribuant à la reprise de la croissance. Les sucres solubles participent à l'établissement des relations entre organes sources et organes puits, ceci dépend de l'âge et du degré d'organisation des tissus. Les différences observées entre les quantités des sucres soulèvent la question de l'importance des processus métaboliques impliqués dans la synthèse, la dégradation, le transport et le stockage des sucres et leur dérégulation en cas de stress environnemental et l'importance quantitative des sucres suggère aussi leur implication dans le processus d'endurcissement des plantes (Aminata Ould El Hadj, 2001). Des études menées sur de très nombreuses plantes naturelles et cultivées soumises à différents stress hydriques et salins telles que celles de Adda *et al.*, (2005) effectuées sur le blé et Arndt *et al.* (2007) sur *Zizyphus rotundifolia* ont révélé des accumulations plus ou moins importantes de carbohydrates en réponse à différents degrés de stress et que l'ajustement osmotique s'explique principalement par une importante accumulation des sucres au niveau des

différents organes. Ces teneurs pourraient être attribuées aux besoins accentués en carbohydrates et en composés azotés dont la proline, qui représente l'un des composés les plus facilement mobilisables (Zerrad *et al.*, 2008).

Les résultats des corrélations établies dans la présente étude pourraient contribuer à faire ressortir la relation existant entre le métabolisme azoté et le métabolisme carboné déjà évoqué par un certain nombre de travaux. Ainsi, la faible synthèse de la proline pourrait être attribuée à une faible activité de la nitrate réductase foliaire due à la présence de NaCl dans le milieu, Aslam *et al.*, (1984) ont montré que le chlorure de sodium affecte l'activité nitrate réductase *in vitro* et *in vivo* et sa diminution pourrait être aussi expliquée par une forte synthèse glucidique, la proline étant un acide aminé gluconéoformateur selon Zerrad *et al.* (2008) et parallèlement, le catabolisme des glucides dans les feuilles fournit à la plante les composés cétoniques essentiels à la synthèse des composés azotés (Laouar, 1977 ; Schaffer *et al.*, 1999).

## **II-2- Caractérisation minérale des différents organes de l'oyat :**

La survie et la croissance des végétaux sont liées au transport et la compartimentation des ions, à la biosynthèse et à l'accumulation d'osmolytes organiques qui participent à l'ajustement osmotique et aux remaniements protéiques nécessaires à l'intégrité cellulaire (Green et Munns, 1980).

Les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress. Les stratégies biochimiques comprennent : l'accumulation sélective ou l'exclusion des ions, le contrôle de l'absorption racinaire des ions et leur transport dans les feuilles, la compartimentation des ions au niveau cellulaire et au niveau de toute la plante, la synthèse de solutés compatibles, le changement dans le chemin de la photosynthèse, l'altération de la structure membranaire, l'induction des enzymes anti oxydatives et l'induction des hormones végétales (Parida, 2005 *in* Bouchoukh, 2010).

Quantitativement les éléments minéraux sont absorbés différemment ; ce qu'on appelle l'absorption sélective. Chez la plante avec le temps et l'âge, l'absorption continue même si la concentration de certains éléments nutritifs à l'intérieur dépasse celle à l'extérieur (Chadli, 2007). La composition minérale des organes végétaux n'est pas homogène ; elle est plus marquée à certains stades physiologiques, notamment la floraison et la fructification. Il convient aussi de distinguer le premier cycle de végétation ou les modifications morphologiques et chimiques sont en général plus marquée des cycles suivants d'exploitation (Larabi *et al.*, 1989).

Parmi les plantes adaptées au stress, on distingue les plantes exclusives qui n'accumulent pas d'ions  $\text{Na}^+$  dans les parties aériennes et l'utilisent pour régler le potentiel osmotique cellulaire (Storey et al, 1995 *in* Belfakih *et al.*, 2013).

La sélectivité vis-à-vis du potassium est l'un des mécanismes de tolérance à la salinité (Jeschke *et al.*, 1998). L'accumulation du potassium au détriment du sodium permet à la plante d'éviter les effets des déséquilibres nutritionnels induit par l'excès de sodium (Cramer *et al.*, 1995).

L'absorption ionique et la compartimentation sont importantes non seulement pour la croissance normale mais aussi sous conditions de stress (Adams, *et al.*, 1992 *in* Parida et Das, 2005) parce que le stress perturbe l'homéostasie ionique. Les plantes qu'elles soient halophytes ou glycophytes ne peuvent tolérer une grande quantité de sel dans le cytoplasme et par conséquent sous des conditions de stress elles limitent l'excès de sel dans la vacuole ou compartimentent les ions dans différents tissus pour faciliter leur formes métaboliques (Zhu, 2003). Les glycophytes limitent l'absorption ou la translocation du sodium dans les tissus âgés qui servent de compartiments de stockage qui sont éventuellement sacrifiés (Cheeseman, 1998 *in* Parida et Das, 2005).

La suppression du sodium du cytoplasme ou la compartimentation dans les vacuoles est réalisée par les enzymes induites par le sel : le transporteur membranaire (antiport)  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  (Bouchoukh, 2013).

Dans le cas de stress, les plantes maintiennent de fortes concentrations de  $\text{K}^+$  et de faibles concentrations de  $\text{Na}^+$  dans le cytosol et cela par la régulation de l'expression et de l'activité des transporteurs de  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$  et les pompes  $\text{H}^+$  qui produisent la force qui agit sur le transport (Zhu *et al.*, 2003 *in* Parida et Das, 2005).

En présence de sel dans le milieu, certains cations influent sur l'absorption du potassium et sodium (Cramer *et al.*, 1995). Ainsi une relation d'antagonisme a été établie entre  $K^+$  et  $Ca^{++}$  (Very *et al.*, 2014) et entre  $Mg^{++}$  et  $Na^+$  (Soltani et al, 1990). Cette influence se caractérise par exemple par une accumulation du  $Na^+$  la partie aérienne des plantes tolérantes comme la luzerne. (Mezni et al, 2002).

Certaines espèces augmentent dans leurs tissus le taux de  $Na^+$  et  $Mg^{++}$  au dépens de  $Ca^{++}$  et  $K^+$ ; c'est le cas de *Atriplex halimus*, de *Suaeda mollis*, et de *Zraganum nudatum*,... D'autres halophytes graminées, paraissent s'adapter en limitant au contraire les accumulations de sels minéraux (Pouget, 1980) ce qui est une forme d'adaptation spécifique liée à la présence de conditions situationnelles particulières (Javer, 1989).

La composition minérale est également dépendante de la famille botanique : les légumineuses et les crucifères sont riches en calcium, les différences sont moins nettes pour les autres éléments bien que les légumineuses tendent à être plus riches en Na et Mg et un peu plus pauvres en P que les graminées à un stade de développement comparable. A l'intérieur d'une même famille botanique les variations entre espèces voire entre variétés sont loin d'être négligeables, c'est notamment le cas pour Na et K (Denudt et Lambert, 1970).

Cette capacité à fixer des quantités plus ou moins importantes de ces éléments semble être d'ordre génétique (Coppenet et Simon, 1989).

D'autres mécanismes de régulation sont la sécrétion du sel et l'accumulation sélective du sel ou l'exclusion. La sécrétion se produit par le développement de structures cellulaires uniques appelées les glandes excrétrices du sel. Ces glandes secrètent le sel des feuilles et maintiennent la concentration interne des ions à un niveau bas (Hagaith, 1999). L'exclusion du sel se produit dans les cellules pour réguler le taux du sel dans les feuilles de certaines halophytes (Parida et Das, 2005). L'accumulation sélective des ions ou des solutés qui donne comme résultat une augmentation dans la rétention de l'eau et/ou l'exclusion du sodium.

L'absorption des hautes concentrations du sel engendre une compétition avec l'absorption d'autres ions, spécialement  $K^+$  ce qui conduit à une déficience en  $K^+$ . La salinité fait augmenter le contenu de  $Na^+$  et  $Ca^{++}$  et  $Cl^-$  chez *Vicia faba* et le rapport  $K^+/Na^+$  diminue (Haouala, 2007).

Les résultats trouvés sur l'analyse des cations monovalents et bivalents comme les  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$  suggèrent une variabilité cationique d'*Ammophila arenaria* comme un bon marqueur physiologique aux conditions de stress.

Les caractéristiques ioniques d'*Ammophila arenaria* diffèrent selon l'organe et l'âge de la plante et cela en prenant en considération les facteurs de stress que subit cette plante (embruns salins, substrat sableux...). L'accumulation de  $\text{Na}^+$  est moindre dans la partie aérienne (feuilles et tiges) que dans la partie souterraine (rhizome) ; des résultats similaires ont été rapportés par plusieurs auteurs (Waked Ferreira Gomes, 2002). La protection des parties aérienne contre l'envahissement par le  $\text{Na}^+$  peut être assurée par un contrôle de l'absorption par la partie souterraine. Des plantes sensibles qui sont moins efficaces dans l'absorption du  $\text{Na}^+$  et son transport vers le xylème mais qui sont par contre plus efficaces dans certaine mesure le fait que la teneur en  $\text{Na}^+$  soit élevée dans le rhizome. L'accumulation de  $\text{Na}^+$  au niveau des rhizomes semble s'expliquer d'une part par une aptitude d'utiliser l'ion pour l'ajustement osmotique d'autre part pour qu'il soit probablement exclu au niveau de la partie au niveau de la partie souterraine. Des résultats similaires ont été rapportés par Belfekih *et al* (2013). La diminution de la teneur de  $\text{Na}^+$  de la partie souterraine associée à une augmentation de cette teneur dans les parties aérienne. Ceci semble indiquer un comportement d'ajustement osmotique qui va assurer vie de la plante. Les travaux de Bendimred (2014) effectués sur l'oyat soumise aux stress hydrique et salin et cela pour les quatre ions minéraux étudiés à savoir le sodium, le potassium, le calcium et le magnésium ont montré une fluctuation des concentrations de ces ions en fonction du type de stress. C'est-à-dire que le stress hydrique a provoqué une augmentation des teneurs des quatre éléments considérés dans l'étude et le stress salin a provoqué leur diminution sauf pour le Mg.Ce qui explique que la plante réagit au stress en mobilisant les ions.

Pour Les travaux de Chadli (2007), sur les plantes de la fève ont montré que ce cation a tendance à s'accumuler beaucoup plus dans les tiges que dans les feuilles cette forme de séquestration du  $\text{Na}^+$  en excès dans les tiges implique une halo protection d'une forte charge de ce cation atténuant ainsi l'effet de toxicité (Guillermo *et al.*, 2001 ; Gama *et al.*, 2007).

Selon Soltner (2003), le sodium n'est pas forcément nécessaire chez tous les végétaux. Agissant en très faible quantité, mais se trouve en quantité plus importante chez les halophytes (Echorn, 2000).

Il est vraisemblable que c'est au niveau des tiges et surtout les organes jeunes que la plante rétablit l'équilibre de son potentiel osmotique engendré par les embruns salins puis elle véhicule cet élément vers les feuilles jeunes ensuite âgées ce qui représente une stratégie d'adaptation au stress via la régulation osmotique par l'ion potassium. Ces résultats pourraient indiquer une sélectivité vis-à-vis du  $K^+$ . Ceci corrobore avec les travaux de Belfakih *et al* (2013) et Hamrouni *et al* (2010). L'importance de l'augmentation de la teneur en  $K^+$  pourrait être donc un indicateur de tolérance au sel, cette sélectivité en faveur de  $K^+$  est rapportée par plusieurs auteurs Bizid et al, 1998 ; Elmekkaoui, 1992.

Le  $K^+$  est très sollicité au niveau du compartiment aérien pour la réalisation des métabolismes cellulaires (Peuk *et al.*, 2002 ; Ahmad et Maathuis, 2014 ; Wigoda *et al.*, 2014) ou il est généralement employé un cofacteur dans les réactions enzymatiques et biochimiques (Marschner, 2012 ; Anschutz *et al.*, 2014).

L'évolution du rapport feuille/tiges et de la composition minérale des organes végétaux au cours du premier cycle joue un rôle prépondérant dans la forte diminution des teneurs minérales, notamment celles du P, Mg et Na (Fleming, 1979).

Un organisme peut difficilement exclure le  $Na^+$  de ses tissus. Chez les plantes, une des stratégies de tolérance à la salinité les plus communes est la compartimentation des ions en excès dans les tissus. Cette redistribution se fait essentiellement dans les vacuoles (Yeo, 1998 ; Horie et Schroder, 2004) et éventuellement à l'échelle de la plante entière, dans les organes âgés ou moins sensibles (Choeseman, 1988 ; Munns, 1993).

Pour être plus contrôlé, le déplacement des ions au travers des membranes implique un transport actif, consommateur d'énergie, qui utilise différents transporteurs à la surface des membranes cellulaires (Orcutt et Nilsen, 2000). Une fois vacuolisé, le  $Na^+$  en excès contribue à l'ajustement osmotique sans altérer les processus métaboliques. Les solutés compatibles accumulés dans le cytoplasme contrebalancent la pression pour contenir le  $Na^+$  dans les vacuoles.

Les espèces incapables de compartimenter le  $Na^+$  dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles à la salinité, cas de certaines glycophytes comme le cotonnier et l'orge qui accumulent de grandes quantités de  $Na^+$  dans leurs feuilles (Greenway et Munns, 1980).

Les teneurs en  $K^+$  des organes aériens et souterrains, sont plus élevés chez le chiendent que chez le ray-grass anglais surtout en période sèche selon (Haouala, 2007). Cette caractéristique ionique se rencontre généralement chez les espèces où la teneur élevée en  $K^+$  est corrélée avec la tolérance au sel (Talseisnik-Gertel, 1996). La salinité du milieu a pour effet d'augmenter les teneurs en  $K^+$  des organes végétatifs en période printanière et estivale (Haouala, 2007).

Cependant la présence de  $Na^+$  en faible concentration peut augmenter l'absorption de  $K^+$ , tandis qu'une concentration élevée en  $Na^+$  diminue l'absorption de  $K^+$  chez le riz (Levitl, 1980 *in* Haouala, 2007) et la canne à sucre (Haouala, 2007). Cette absorption peut s'arrêter complètement chez le haricot (Hamza, 1977 *in* Haouala, 2007).

Les résultats obtenus montrent aussi que le rapport  $K^+/Na^+$  est plus élevé dans la partie aérienne que dans la partie souterraine. Ceci signifie que la concentration cytoplasmique en  $K^+$  est supérieure à celle de  $Na^+$  ce qui implique que la sélectivité dans la partie aérienne est en faveur du potassium.

Le  $Na^+$  déplace le  $K^+$  du plasmalemmes des cellules rhizomateuses, ce qui entraîne l'augmentation de la perméabilité de la membrane et provoque un efflux du  $K^+$  et une altération du rapport de sélectivité  $K^+/Na^+$ . Cette sélectivité de la partie aérienne apparaît comme un critère de sélection (Demidchik, 2014).

En général la partie aérienne est plus chargée en ions que la partie souterraine. Selon Nieves-Cordones (2014) c'est une stratégie adoptée afin de tolérer les conditions défavorables du milieu.

Le  $Ca^{++}$  s'accumule dans le sens rhizome tige feuille des plantes avec une charge calcique très importante dans les tiges et les feuilles notamment au niveau de la tige jeune alors qu'il n'est présent que faiblement dans le rhizome ; ce qui explique la rigidité des organes aériens de l'oyat. C'est le rôle que joue le calcium dans les plantes puisqu'il assure la rigidité des parois cellulaires en milieu sec (Callot *et al.*, 1982 ; Gobat *et al.*, 2003 ; Very *et al.*, 2014)

Généralement il existe des interactions entre les éléments minéraux dans ce cas on parle de l'antagonisme entre le calcium et le potassium quand l'effet du calcium chasse le potassium du complexe absorbant par conséquent diminue son absorption dans le sol (Francois *et al.*, 2009 ; Gobat *et al.*, 2003).

L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^+$ . Il y aurait une compétition entre  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$  pour les mêmes sites de fixation apoplasmiques (Jendoubi, 1997). Agissant en très faibles quantités mais se trouvant en quantité importantes chez les halophytes (Echorn, 2000), ils sont aussi des éléments constitutifs des enzymes. Ils peuvent avoir d'autres rôles qu'ils n'effectuent pas chez les plantes sahariennes (Soltner, 2003). L'effet du stress sur l'accumulation de  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$  est évident chez le blé dur (Bouaouina *et al.*, 2000)

Le calcium est indispensable aux végétaux supérieurs, il se trouve dans les régions superficielles des cellules, c'est l'élément qui neutralise les acides pectiques de la lamelle moyenne, couche mucilagineuse qui soude entre elles les coques celluloses de deux cellules adjacentes, il assure la cohésion des phospholipides membranaires et présente un effet antagoniste vis-à-vis du niveau de la tige jeune et des feuilles. C'est l'un des éléments le mieux représentés dans la partie aérienne de l'oyat et dans cette période printanière, les mêmes approches ont été trouvés dans les travaux de Mehdadi (2003) sur l'alfa.

Le magnésium est avant tout un macroélément entrant dans la constitution de la chlorophylle, sa teneur au niveau des tiges et des feuilles en cette période de l'année s'explique par la reprise du travail de l'assimilation et l'activation de la photosynthèse donc de la synthèse chlorophyllienne caractérisant cette phase du cycle biologique de cette graminée tout comme l'alfa (Mehdadi, 2003).

Comparativement aux autres oligo-éléments, le fer est le mieux représenté au niveau des feuilles et tiges. C'est un élément essentiel pour la croissance et le développement de la plante.

Le nickel, l'aluminium, le silicium et le bore sont présents à l'état de traces dans la partie aérienne beaucoup plus, sauf pour le zinc qui se trouve au niveau du rhizome en proportion plus élevée que les autres organes ; le zinc est accumulé dans le rhizome en attendant qu'il puisse être mobilisé et utilisé dans la synthèse d'hormone de croissance telle que l'auxine (Heller *et al.*, 1990).

Le silicium et le manganèse sont présents en quantité très rapprochées, avec teneur légèrement plus élevée au niveau des feuilles pour le silicium. Son importance pourrait s'expliquer très probablement par la nature du sol (sable) du site du prélèvement des échantillons de l'oyat.

Cette partie du travail met en exergue la complexité de l'étude de la nutrition minérale sachant que cette dernière aide à la compréhension de la tolérance aux contraintes du milieu.

Les études relatives aux mécanismes physiologiques impliqués dans la tolérance aux stress ont montré que le maintien de la sélectivité entre sodium potassium, les ajustements des métabolismes glucidiques et proliniques et l'aptitude à compartimenter les solutés accumulés sont parmi les conditions nécessaires à la survie en milieu confronté aux stress (Annou et Ouldhadjkhelil, 2014).

### **II-3- Variabilité génétique intra spécifique des populations de l'oyat dans les deux stations de prélèvement :**

Les mécanismes de tolérance sont complexes, ils impliquent des changements de beaucoup de voies biochimiques et des changements qui protègent les processus importants tels que la photosynthèse, la respiration puis la préservation des dispositifs importants tels que le cytosquelette, la paroi cellulaire ou les interactions entre la membrane plasmique et la paroi cellulaire (Parida et Das, 2005) ainsi que les changements de structure du chromosomes et de la chromosomie c'est-à-dire la méthylation d'ADN, polyploidisation, amplification des séquences spécifiques d'ADN (Walbot et Cullis, 1985 *in* Parida et Das, 2005).

L'organisation, l'évolution moléculaire et la diversité des organismes à l'échelle planétaire, régionale et locale sont structurées ; elles montrent des régularités tout au long de la vie et sont corrélés positivement avec une hétérogénéité environnementale abiotique et biotique et des facteurs de stress (Anderson, 2001).

Les technologies des marqueurs moléculaires sont les plus avancées et probablement le moyen le plus efficace et le plus précis pour comprendre les bases de la diversité génétique.

Les marqueurs ISSR ont été largement utilisés pour la diversité génétique avec des résultats hautement reproductibles (Bornet et Branchard, 2001 ; Leroy *et al.*, 2000 ; Vijaya, 2004). La technique étant rapide est un moyen fiable pour examiner la diversité génétique (Zietkiewicz *et al.*, 1994). Les ISSR se sont des marqueurs moléculaires très utiles dans la sélection assistée par marqueurs, l'analyse de la diversité génétique des populations chez

plusieurs espèces (Gupta, 2000 ; Budak *et al.*, 2003). Chez deux espèces modèle de légumineuses : *Medicago truncatula* et *Lotus japonicus*, les marqueurs microsatellites ont été massivement mis au point (Chu *et al.*, 2009). Dans leurs études, Badri *et al.*, (2003), ont mis en évidence une importante variabilité intra-spécifique par l'utilisation de 7 marqueurs ISSR chez des populations annuelles appartenant à deux espèces du genre *Medicago* (*M. truncatula* et *M. laciniata*). De même, une autre analyse de la variabilité intra-spécifique chez des populations pérennes appartenant à une espèce du genre *Medicago* (*M. sativa*) par l'utilisation de deux marqueurs SSR a démontré l'existence d'une variabilité génétique très élevée (Petolescu et Nedelea, 2009 in Bakhti, 2011).

L'application de cette technique sur les échantillons de feuilles d'*Ammophila arenaria*(L.) a révélé qu'il est possible de démontrer une variabilité intra-spécifique considérable. Nos résultats donc complètent les études précédentes sur la variation parmi les populations d'*Ammophila arenaria*, travaux qui ont été basés sur les caractéristiques de la morphologie et de la croissance (Gray, 1985 ; Van der putten et Troelstra, 1990).

Des populations d'*Ammophila arenaria* étudiées dans les Pays Bas et le sud du Portugal avaient des valeurs similaires de la diversité génétique (Rodriguez–Echeverria, 2008). Cela pourrait être expliqué par les caractéristiques de chaque population : l'une croissait dans un site d'une région de renforcement des dunes (Van der putten et Kloosterman, 1991) et l'autre était une petite population déclinante résultant d'une érosion de la dune. Une corrélation entre taille de la population et la variabilité génétique a été trouvée au niveau de cette espèce (Despres *et al.*, 2002 ; Fischer et Matthies, 1998 ; Gaudeul *et al.*, 2000). Ce résultat est cohérent avec les travaux cités dans la littérature.

Dans notre étude, nous avons pris en considération deux paramètres à savoir : la situation verticale (haut et bas de la dune) et horizontale (extrémité droite et gauche par rapport à la dune) et cela dans deux stations différentes (Bomo plage et Terga plage). Ces critères étant pris en compte lors de l'échantillonnage, ils nous ont conduit à noter qu'il existe une forte variabilité au niveau de Bomo par rapport à Terga, plus particulièrement lorsque l'on se trouve bien au milieu des dunes que ça soit en amont ou en aval. Concernant les extrémités droites et gauches dans les deux stations d'étude, la variabilité n'était pas aussi marquée.

Nos résultats suggèrent que les populations de *Ammophila arenaria* de Bomo et de Terga sont génétiquement diverses et que les différences génétiques de cette espèce ne sont

pas toujours reliées à la distance géographique. Ceci est en adéquation avec les résultats trouvés par Rodriguez-Echeverra en 2008 dans son étude faite sur les populations européennes (Angleterre et Pays Bas).

La distance géographique pourrait diminuer la similarité génétique résultant de la diminution du flux des gènes des populations les plus distantes (Schaal et Leverich, 1996).

Les différences génétiques entre les individus de *Ammophila arenaria* pourraient être reliées à des facteurs abiotiques tels que les températures, précipitations. La polyploïdie joue un rôle fondamental dans l'évolution, les diversifications et la variabilité génétique des plantes notamment pour l'oyat. En effet, la polyploïdie rend possible des modifications structurales et fonctionnelles qui sont des sources de nouvelles variabilités et capacités adaptatives (Rodriguez-Echeverra, 2008).

Lorsque le marqueur SSR n'amplifie pas cela peut être une question de génotype ou d'un allèle nul (ces allèles nuls ne peuvent surgir lorsque les mutations se produisent dans les régions flanquantes, empêchant l'une ou l'autre des amorces de se lier (Pemberrou *et al.* 1995 ; Jones *et al.* 1998 ; Holme *et al.*, 2001).

La variabilité génétique existe naturellement chez *Arabidopsis* pour différents caractères (Koonneef *et al.*, 2004) et un gradient latitudinal a été démontré comme influençant la longueur des hypocotyles (Maaloof *et al.*, 2004) idem pour le moment de la floraison (Smouse *et al.*, 2004). Les poacées représentés par la plante modèle qui est le riz (Goff *et al.*, 2002 ; Yu *et al.*, 2002), a une grande diversité avec plus de 150 000 variétés cultivées dans le monde (Khush, 1987). Il est cité aussi chez une autre plante modèle bien qu'elle soit autogame, en l'occurrence *Medicago truncatula*, l'existence d'une forte variabilité génétique est due notamment à sa dynamique de dispersion (Ronfort *et al.*, 2006). Cette variabilité facilite la création de matériel destiné à des analyses génétiques.

La technique utilisée dans cette partie de la thèse a été largement utilisée pour les analyses du polymorphismes génétiques au niveau intra et inter spécifiques chez plusieurs autres espèces comme c'est le cas du maïs (Kantely *et al.*, 1995), de la banane (Godwin *et al.*, 1997), de la pomme de terre (Huang et Sun, 2001), du Sorgho (Yang *et al.*, 1996), du lupin (Talkinhas *et al.*, 2003), de la luzerne (Julier *et al.*, 2003a), et du soja (Peakall *et al.*, 1998 in Maamouri, 2014)

Il est admis que plus la diversité est grande dans un groupe d'individus plus il sera facile pour certains individus de s'adapter à de nouvelles conditions environnementales et donc une variabilité accrue permet une meilleure réponse au milieu stressant.

Une diversité génétique suffisante dans les populations naturelles leur permet une plus grande adaptabilité face aux contraintes du milieu et diminue le risque d'extinction (Frankham, 2005).

Nos résultats sur la diversité génétique de la population *d'Ammophila arénaria* pourrait être importants pour comparer les résultats des études écologiques dans différentes populations *d'Ammophila arénaria* et pour planifier la régénération et la restauration de la végétation des dunes.

Différents phénomènes peuvent avoir un impact sur la variabilité au sein d'une population. Tout d'abord le système de reproduction qui intervient dans le maintien de la diversité en affectant la dérive et la migration par l'intermédiaire de la biologie florale. Le système de dispersion des gènes par graines et par pollen joue aussi un rôle important (Hamrick et Godt, 2006). Parmi les facteurs intervenant sur la dispersion des graines de pollen, ceux liés à la structure de l'entité de dispersion de propagules. Enfin l'aire de répartition des espèces ainsi le temps de régénération et la vitesse de croissance peuvent également avoir un impact sur la diversité (Grivet, 2002).

La diversité est une composante de la biodiversité. Elle décrit la variabilité des gènes entre ou à l'intérieur des espèces et de leurs populations. La diversité génétique est alors devenue un outil primordial actuellement pour définir des buts, des méthodes et des priorités dans des programmes de conservation (Stockwell *et al.*, 2005). Il est nécessaire de veiller au maintien d'une ressource génétique suffisamment large pour garantir l'adaptation des organismes face aux changements environnementaux directs et indirects et pour répondre aux besoins futurs et imprévisibles de l'homme.

---

## CONCLUSION GENERALE

Notre travail de thèse s'inscrit parfaitement dans les enjeux actuels sur la conservation de la biodiversité du littoral. En effet, nous nous efforcerons à travers des études de recherche d'investiguer les patrons et les processus permettant de comprendre le comportement de chaque espèce notamment celles qui parviennent à pallier les pressions intrinsèques et extrinsèques comme est le cas de l'espèce pris en considération tout au long de ce travail. Il s'agit d'*Ammophila arenaria* (L.) Link. C'est une graminée vivace colonisant le littoral ouest algérien et montre un développement extrêmement intéressant dans les conditions locales contraignantes. Telles que l'instabilité, la sécheresse et l'infertilité du substrat, la salinité de l'atmosphère et les vents violents desséchant les parties aériennes et déchaussant ou ensevelissant les parties souterraines.

L'étude quantitative entreprise dans le présent travail a concerné, dans sa première partie, deux substances de stress caractérisant l'ajustement biochimique de très nombreuses plantes soumises expérimentalement à différents stress hydriques et salins à savoir les sucres solubles et la proline. Les résultats ont montré que cette espèce synthétise naturellement ces molécules à de très fortes concentrations et que la teneur des deux substances est d'autant plus importante que l'on se dirige vers la partie aérienne (feuille) la plus âgée de la plante et la plus exposée aux fortes intensités lumineuses du soleil, aux embruns salés, à l'action du vent desséchant et pendant les saisons les plus chaudes et les plus sèches.

Dans une seconde partie de l'étude, il est montré que les caractéristiques ioniques d'*Ammophila arénaria* diffèrent selon l'organe et l'âge de la plante avec une sélectivité du potassium au niveau de la partie aérienne et particulièrement la tige jeune. Ceci semble indiquer un comportement d'ajustement osmotique favorisant la survie de l'oyat et assurée par la partie aérienne qui en est plus riche que le rhizome.

A côté de la variabilité cationique enregistrée, nous avons aussi pu démontrer une variabilité génétique intra spécifique pour les individus prélevés de deux populations géographiquement différentes de l'oyat et qui est plus marquée à Bomo qu'à Terga.

Cette plante montre, sans doute à l'image d'autres plantes, de nombreuses caractéristiques d'adaptation très intéressantes qui doivent être mises en évidence, valorisées et exploitées dans différents domaines.

Il demeure donc fondamental d'initier un certain nombre de voies de recherches en physiologie de l'adaptation de cette espèce et d'autres aussi importantes qu'elle, dans le but d'approfondir l'axe entrepris dans ce travail, de cerner puis de comprendre les mécanismes physiologiques et génétiques qui permettent à cette plante d'adopter cette stratégie aussi efficace d'adaptation à son milieu.

Il faut alors compléter cette approche par des études plus approfondies et plus élargies sur les sites d'accumulation et de synthèse des substances de stress permettant à cette espèce la meilleure adaptation et de connaître les gènes responsables de ces mécanismes et enfin de s'intéresser à la racine de cette plante puisqu'elle présente plus qu'un mystère.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbad A., El Hadrami I. and Benchaabane A., 2004** - *Atriplex halimus* L. a halophytic species for restoration and rehabilitation of saline degraded lands. Pakistan Journal of Biological Sciences, 7(6): 1085-93.
- Aboura R., 2006** - Comparaison phytoécologique des Atriplexaies situées au Nord et au sud de Tlemcen. Mém. Magister. Univ. 210p
- Adams E. and Frank L., 1980**- Metabolism of proline and the hydroxyproline. Ann. Rev. Biochem.,49: 1005-1061.
- Adda A., 2004** - Etude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez le blé dure (*Triticum durum* desf.) these. Doct. d'état. univ. Oran. Algérie, pp: 154-156.
- Adda A., Sahnoune M. Kaid Harche M. et Merah O., 2005** - Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. Plant biology and pathology. Science direct. C.R. Biologies, 328: 918-927.
- Aharonson Z., Shain J. et Sulman F.G., 1969** - Hypoglycemia effect of the salt bush (*Atriplex halimus*) a feeding sources of the sand rat (*Psammomys obesus*). Diabetologia 5: 379-383.
- Aidoud Lounis F., 1997**- Méthodes d'extraction et de purification des acides aminés libres et des protéines des tissus végétaux. J.Chromatography 61 :349-351
- Aime S., Ainat-Tabet L., Hadjadj Aouel S., et Sebaa D., 1983** – Recherches phytoécologiques en Oranie premiers résultats. Mem.Soc.Hist.Nat.Afr.N.Nouvelle série ,13 : 17-32.
- Ait-Sadi M., 1990** - Comportement biochimique de quelques lignées de fève (*Vicia faba* L.) soumise à la salinité : étude particulière de la proline. Mémoire DES, Univ. Sénia, 65 p.
- Ajmal Khan N., Irwin A., Showalter A.M. and Sowlater U., 2000** - Effects of salinity on growth, water relation and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *Stocknsii*. Annals of botany, 85: 225-232.
- Alarcon J. J., Sanchez-Blanco MJ., Bolarin MC., Higazy Shehata M. and Allam A., 1994** - Free proline relation to salinity tolerance of three sugar beet varieties. Egypt. J. Agric. Res., 73(1) 175-189.
- Alcaraz C., 1982** - La végétation de l'ouest Algérien. Th. Doc. d'état univ. Perpignan. 415p + annexes.
- alfalfa (*Medicago sativa*) using microsatellite and AFLP markers. *BMC Plant Biology*, 3, 9.
- Alig M. and Komatsu S., 2006** - Proteomic analysis of rice leaf sheath during drought stress. J. of proteome Research, 5 : 396-403.
- Alem C., Amri A., 2005**- Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge Reviews in biology and biotechnology, Vol 4,1 :20-31
- Aminata Ould Al hadj K., 2001** - Contribution à l'étude des réponses métaboliques de la tomates à la salinité. Thèse Doc. Univ. Rennes (France). 118p.
- Amme S., Matros A., Schlechezseier B. and Mock H.P., 2006** - Proteome analysis of cold stress response in *Arabidopsis thaliana* using DIGE. Technology J. Exp. Bot. 57: 1537-1546.
- Anderson EC. et Thompson EA., 2011**- A model-based method for identifying species hybrids using multilocus genetic data. *Genetics* 160, 1217-1229.

- A.O.A.C, 1955**-Association of official analytical chemists official methods of analysis.Published by the AOAC.,Po.box 540,Washington.
- Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*. Master 1, Recherche biotechnologie : du gène à la molécule SpectroSciences, article 23, 10 p.
- Ardnt S.K, Clifford S.C., Wanek W. Jones H.G. and Popp M., 2007**-Physiological and morphological adaptations of the fruit free *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiol., 21 : 705-715.
- Arnau G., Monneveux P., This D., Algre L., 1997** - Photosynthesis of six barley genotypes as affected by water stress. Photosynthetica, 34 :67-76.
- Arndt S.K., Wanek W., Clifford S.C and Popp M., 2000** - Contrasting adaptations to drought stress in field-grown *Ziziphus mauritiana* and *Prunus persica* trees : water relations, osmotic adjustment and carbon isotope composition. Aust.j. Plant physiol., 27: 985-996.
- Aronson J.A.,1989**-HALOPH a data base of salt tolerant plants of the world.tucson,USA :office of Arid Land Studies University of Arizona.
- Ashraf M. et Mc Meilly T., 2004** - Salinity tolerance in *Brassica* oil seeds, plant Science, 23 (2): 157-174.
- Ashraf M., 1989** - The effect of NaCl on water relations, chlorophyll, and protein and proline contents of two cultivars of black gram (*Vigna mungo L.*). Plant soil, 119: 205-210.
- Askari H., Edqvist J., Hajheidari M., Kafi M and Salekdech GH., 2006** - Effects of salinity levels on proteome of *Suaeda aegyptiaca* leaves. Proteomics, 6: 2542-2554.
- Aslam M, Huffaker R.C. et Rain D.W., 1984** - Early effects of salinity on nitrate assimilation in barbary seedlings. Plant Physiol.76: 321-5.
- Bailey R.W., Barker S.A. et Bourne E.J., 1957** - Significance of oligosaccharide intermediates in dextrin synthesis. Nature, 179 :179-310.
- Baker J., Steed C.H. et Dure I.L., 1988** - Sequence and characterization of 6 LEA proteins and their genes from cotton. Plant . Mol. Biol. 11: 277-291.
- Bakhti A. , 2011**- Recherche d'un polymorphisme de marqueurs microsatellites chez différentes espèces de plantes cas des espèces annuelles du Medicago.Mem.magister.Univ.Oran.pp :108.
- Balels D. and Sunkar R., 2005** - Drought and salt Tolerance in plants critical Reviews in Plants Sciences.volume 24.ISSUE 1,pages 23-58.
- Baseflor.Pf and Julve.Ph., 2014**- Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France Version : de Janvier 2014.
- Bassi R. and Sharma S.S., 1993** - Proline accumulation in wheat seedlings exposed to zinc and copper. Phytochemistry, 33 (6): 1339-1342
- Battandier et Trabut., 1902** - Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie. Alger. Y. Giralt. 395p.
- Baudiere A. and Simoneau P., 1974**- Les groupements à *Carynephorus canescens(L.) P.Beaux* et et *Ephedra distachya L.* du littoral roussillonnais. Vie et milieu.24(1) :21-42.
- Becet, J-M. 2002**- *Le droit de l'urbanisme littoral*, Presses Universitaires Rennes.
- Beck E.H., Heim R. and Hangen J., 2004** - Plant resistance to cold stress: mechanism and environmental signals triggering frost hardening and dehardening. Journal of Bioscience, 29: 449-459.
- Bekka A., 1998** – Evolution des effets des processus éoliens dans la plaine de Bousfer de 1957 à 1986.Mém.ing.Etat.option :aménagement des milieux physiques.Univ.Es senia.Oran.112 p.+annexes.

- Belfiore N.M. and Anderson S.L., 2001-** Effects of contaminants on genetic patterns in aquatic organisms: A review. *Mutat Res* **489**: 97-122.
- Belfiore N.M. and Anderson S.L., 1998-** Genetic patterns as a tool for monitoring and assessment of environmental impacts: the example of genetic ecotoxicology. *Environmental Monitoring and Assessment* **51** :465–479.
- Belhassen E. et Monneveux P., 1997 -** L'absorption génétique face aux contraintes de sécheresse. *Cahiers d'agricultures*, **4** : 251-264.
- Belkhodja M. et Benkabilia M., 2000-** Proline reponse of Faba bean (*Vicia faba* L.) and salt stress. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. Vol 78,1 :185-195.
- Belkhodja M. et Bidai Y., 2004 -** Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* (L.) sous stress salin. *Revue sécheresse* ,**15** : 331-335.
- Belkhodja M. et Bidai Y., 2007 -** Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte (*Atriplex halimus*( L.)) à la salinité . labo. *Physiol végétale*. Univ. Oran, algerie . *tela Botanica*, 8p.
- Belkhodja M., 1996 -** Action de la salinité sur les teneurs en proline des organes adultes de trois lignées de fève (*Vicia faba* (L.)) au cours de leur développement. *Soc. Bot. de France . Acta Botanica Gallica*, 143 (1) : 21-28.
- Belkhodja M. et Ait Saadi M., 1993 -** Action de la Salinité sur les teneurs en proline des organes juvéniles de trois lignées de fève (*Vicia faba* L.). *Acta. Bot. Gallica*, 150 (5) :473-478.
- Bellinger Y., Bensaouda A. and Larher F., 1989 -** Physiology breeding of winter cereals for stress environments. Colloque, N°3, Montpellier, France.
- Benaceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Medahi M. et Selmi M ., 2001-** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, 12(3) : 167-174.
- Bendimered F.Z., 1997 -** Contribution à l'étude de l'Oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link). Approche écologique. Germination des caryopses, croissance, anatomie et histochimie des feuilles. *Th. Mag. Univ. Tlemcen*. 110p + ann.
- Bendimered F.Z., 2014 -** Etude des caractères morpho-physiologiques et biochimiques d'adaptation aux conditions naturelles et de stress d'une plante xérophile et psammophile: cas de *Ammophila arenaria* (L.) Link. du littoral oranais. *Th.Doc.Univ.SBA*. 220p +ann.
- Bendimered F.Z., Mehdadi Z. et Benhassaini H., 2007-** Etude de la germination et de croissance foliaire de l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link en conditions contrôlées. *Acta Bot. Gallica* . 154 (1), 129-140.
- Bennabi f., 2006 -** Le métabolisme glucidique et azoté chez une halophyte (*Atriplex halimus*) stressée à la salinité. Thèse de magister. Univ. Oran, Algérie , 50p.
- Bergman I. and Loxley R., 1970 –** New spectrophotometric method for the determination of prolin in tissu hydrolysats. *Ann.Chem.* :702-706
- Bidai Y., 2002 -** Le métabolisme de la proline chez l'*Atriplex halimus* (L.) Stressée . Thèse de magister. Univ .Oran , Algérie 69-71
- Binzel M.L., Hasegawa P.M., Rhodes D., Handa A.K. and Bressan R.A., 1987 -** Solute accumulation in tobacco Cells adapted to NaCl. *Plant physiol.*, 84: 1408-1415. *biotechnologies végétales*. Paris: INRA. pp. 89-118.
- Blaum A., Zhang J. and Nguyen H.T., 1999 -** Consistent differences among wheat cultivars in osmotic adjustment and their relationship to plant production. *Field Crops Res.*, 64: 287-291.
- Bogges S.F. and Stewart C.R., 1976-** Stress metabolism. IX. The significance of end product inhibition of proline biosynthesis and of compartmentation in relation to stress-induced proline accumulation. *Aust. J. Plant physiol.*, 3: 513-525.

- Bohnert H.J., Nelson D.E. and Jensen R.G., 1995** -Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell* 7, 1099-1111.
- Bornet B. and Branchard M., 2001**- Nonanchored inter simple sequence repeat (ISSR) markers: reproducible and specific tools for genome fingerprinting. *Plant Molecular Biology Reporter*, 19,209–215.
- Bouchetata T. and Bouchetata A., 2005**- Dégradation des écosystèmes steppiques et stratégie de développement durable. Mise au point méthodologie appliquée à la wilayas de Naama (Algérie).
- Bouchoukh I., 2010**-Comportement écophysioogique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin.Memoire Magistère.Constantine.pp 112.
- Boukhellout S., 2009** - Influence de la salinité sur le métabolisme azoté de l’haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Mém. Magister. Univ. Oran. 99p.
- Boukraa D., 2008** - Interation acide sulfosalicylique et salinité sur la réponse de la proline et des variations minérales chez des plantes *d’Atriplex halimus* L., Mémoire. Mag .Univ. Oran.72p.
- Bouras D. et Boutiba Z., 2004** – Ecologie, discipline d’impact. ed 3 pommes . Oran (Algérie). 117p.
- Bouras D., 2007**- Dynamique morphologique et bioclimatique de la zone côtière oranaise (Algérie). Th. Doc. univ. Oran. 200p.
- Bouras D., et Boutiba Z., 2007** –Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental algérien.journal Univ.Senia-Oran.(6) :91-104.
- Boutelier E., 1996** - Effet du NaCl sur la physiologie du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) Son rôle dans l’acquisition de la résistance à la sécheresse. Thèse de Doc. Univ. Paris 6. 142p.
- Bouzoubaa Z. , El Mourid M., 1999**- Etude comparative de quelques paramètres physiologiques de l’arganier sous plusieurs régimes hydriques. First international conference on biodiversity and natural resource preservation, Book of abstract, Ifrane, 13-14 May.
- Bouzoubaa Z. ; El Mourid M. ; Karrou M. et EL Gharous M., 2001** - Manuel d’analyse chimique et biochimique des plantes. Eds INRA Maroc.
- Boyer J.S., 1980** - Plant productivity and environnement . *Science*, 218: 443-448.
- Breda N., 1994** - Analyse du fonctionnement hydrique des chênes sessiles et pédoncules en conditions naturelles. Effets des facteurs du milieu et de l’éclaircie. Thèse. Doct. Univ. Henry-Poincaré. Nancy, 159p.
- Brens M. and Larher F., 1982** - Osmoregulation in halophytic higher plants: a comparative study soluble carbohydrate, polyols, betaines and free proline. *Plant cell. & Environ.*, 5: 287-292.
- Briquet A., 1923**- Les dunes littorales.*Ann.de Geogr.Végétation du littoral de la mer du nord*.167.p 385-394.
- Briquet A., 1925**- *Anales de géographie* Volume 32 Numéro 179.pp 385-394.
- by sheep with different nitrogen applications. *Journal of Agricultural Science*, 140, 151-159.
- Calu, G., 2006** -Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles
- Casals M.L., 1996** - Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement du blé dur . Thèse Doc. INRA. Paris. Grignon. 93p.
- Chadli R., 2007**- contribution à l’étude des réponses physiologiques anatomiques et cytogénétiques de la fève (*Vicia faba* L.) au stress de la salinité.Thèse doc.d’état en sciences Algérie.120p. +Annexes.

- Chaib G., 1998** –Teneur en proline dans les différents organes du blé dur (*Triticum durum* Desf.), essai d'explication de conditions d'accumulation de la proline sous le stress hydrique. Thèse magister, Univ. Constantine, 84 p.
- Chedly A., 2008** - Les halophytes : intérêts et stratégies adaptatives à la salinité.
- Callahan HS, Pigliucci M, Schlichting CD., 1997**- Developmental phenotypic plasticity: Where ecology and evolution meet molecular biology. *BioEssays* 19, 519-525.
- Collas Ph., 1995** - Accumulation de proline et consommation respiratoire d'oxygène de disques foliaires de Colza (*Brassica napus* L.) en réponse à des chocs osmotiques : Proline accumulation and respiratory oxygen consumption of rape (*Brassica napus* L) leaf discs subjected to osmotic stresses. Thèse Doc. INIST. CNRS. N°95 REN 10162. : 357-364.
- contrôlant la variation des caractères quantitatifs. *Les marqueurs moléculaires en génétique et*
- Corre J.J., 1983**- Structure de la végétation littorale. Les relations entre les peuplements végétaux : une conséquence de leur action sur le milieu. *Acta Oecologia.Oe.col.Gener.*,4 (1) :3-12.
- Corre.J.J., 1983**- Structure de la végétation littorale. Les relations entre peuplements végétaux : une conséquence de leur action sur le milieu. *Acta Oecologia.Oe.col.Gener* 4 :1727.
- Corre J.J., 1987** – Les peuplements végétaux et la gestion des cotes basses du Golf du Lion.*Bull.Ecol* 18 (2) :201-208
- Cossins AR., Murray P.A, Gracey AY., Logue J. Polleys., Caddik M., Books S., Postle T. and Maclean N., 2002** -The role of desaturases in cold-induced lipid restructuring. *Biochemical society Transactions*, 30: 1082-1086.
- Coste H. (L'Abbè)., 1937** - Flore description et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes .T.I. 416p.
- Coste H. (L'Abbè)., 1937**- Flore descriptive illustrée de la France de a corse et des contrées limitrophes T.III. Monocotylédones, 807p.
- Cui S., Huang F., Wang J., Max , Cheng Y. and Lui J.A, 2005** - Proteomic analysis of cold stress responses in rice seedlings. *Proteomics*, 5: 3162-3172.
- Dahmani M., 1996**- Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes d'Algérie. *Ecologia mediterranea*, XXII (3/4) : 19-38.
- Dahmani W., 2011**- Etude de la variabilité morphologique du pistachier de l'Atlas ( *Pistacia atlantica* Desf.) dans les zones steppiques de la région de Tiaret.
- Damergi A., 2005** - Contribution à l'étude bioécologique de la faune du genêt dans la région de Tlemcen (Algérie). *INST. CNRS.* 61 : 51- 60.
- Dauta J., 2009** - Adaptation : adaptation biologique. *Universalis.* p2.
- David J.C. et Grongnet J.F., 2001**- Les protéines de stress. *INRA prod. Anim.*, 14 (1): 29-40.
- De Vienne D. and Causse M. 1998**- La cartographie et la caractérisation des locus
- De Vienne D., 1998**-Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales.*INRA*,p 15.
- Delauney A.J and Verma D.P.S., 1993** - Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.*, 4: 215—223.
- Denden M.,Bettaib T.,Salhi A Mathouthi M., 2005**- Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne,la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales,*Tropicultura* Vol,23,N 4 :220-225.
- Deraissac M., 1992** - Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *Agronomie tropicale*, 46(1): 29-37.

- Despres L.; Lorient S. and Gaudeul M., 2002-** Geographic pattern of genetic variation in the European globeflower *Trollius europaeus* L. (Ranunculaceae) inferred from amplified fragment length polymorphism markers. *Molecular Ecology*, **11**, 2337–2347.
- Dix P.J. and Pearce P.S., 1981** - Proline accumulation in NaCl-resistant and sensitive cell lines of *Nicotiana glauca*. *Z Pflanzenphysiol Bd*, 102: 243-248.
- Doing H., 1985** - Coastal fore-dune zonation and succession in various part of the world :Vegetation **61** :65-75.
- Drier W., 1978** - Possibilité d'une élaboration d'un test de présélection des variétés de plantes ayant une haute résistance au sel sur la base de la relation entre la teneur en proline des tissus végétaux et la résistance aux sels. Journées d'Etudes des recherches Agronomiques du 22-30 Mars, INA, El-Harrach, Algérie.
- Derroudi Zidane O.,Belkhouja M,Bissati S et Hadjaj S., 2010-** Effet du stress salin sur l'accumulation de proline chez deux espèces d'atriplex *Halimus* L. et *Atriplex Canescens* (Purch) Nutt.260 *European Journal of scientific Research*.ISSN 1450-216 XVol. 41n 2 pp 249-260.
- Dubois M. Gilles K.A., Hamilton P.A., Robeg A. and Smith F., 1956-**Colometric method for determination of sugars and related substances analytical chemistry. 28: 350-356.
- Durzan D.J., 1973-** Nitrogen metabolism of *Picea glauca*. V. Metabolism of uniformly labeled <sup>14</sup>C-L-proline and <sup>14</sup>C –L-glutamine by dormant buds in late fall. *Can. J. Bot.*,: 359-369.
- Eagles C.F., Treharne K.J., 1969** - Photosynthetic activity of *Dactylis glomerata* L. in different light regimes. *Photosynthetic*, 3: 29-38.
- Eagles H.A., G.J. Hollamby, R.F. Eastwood. 2002-** Genetic and environmental variation for grain quality traits routinely evaluated in southern Australian wheat breeding programs. *Aust J Agric Res*, **53**: 1047-1057.
- El mourid M., 1988** - Performance of wheat and barley cultivars under different soil moisture regimes in semi arid region. Ph.D. dissertation, Iowa state university. USA, 229 p.
- El thon T.E. and Stewart C.R., 1981** -7 Submitochondrial location and electron transport characteristics of enzymes involved in proline oxidation. *Plant physiol.*, 67: 780-784.
- Elyse P. et Alain H. 2002-** La PCR en temps réel: principes et applications. *Reviews in Biology and Biotechnology*. Vol.2, No 2,. pp.2-11 By The Moroccan Society of Biology.Canada.
- Faurrel L. et Thomas J.P., 1968** - Sur quelques plantes nouvelles ou intéressantes pour le littoral constantinois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*
- Fischer M. and Matthies D., 1998-** RAPD variation in relation to population size and plant fitness in the rare *Gentianella germanica* (Gentianaceae). *American Journal of Botany*, **85**, 811–819.
- Flowers T.J., 1986-** Halophytes. *The quarterly Review of Biology*.Volume 61 n 03.313p
- Forlani G., Scainelli D. and Nielsen E., 1997-** Delta-1-pyrroline -5- carboxylate dehydrogenase from cultured cells of potato. *Plant physiol.*, 113: 1413-1418.
- Fournier P., 1977** - Les quatre flores de la France, corse comprise (Générale, alpine, méditerranéenne, littorale). Lechevalier ed . T II – Atlas . 308p.
- Frankham R., 2005-** Genetics and extinction. *Biological conservation* **126**, 131-140.
- Fransisco J., Sanchez M., 1998** - Osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field crops research*, 59 (03): 225-235.
- Gale J.S., 1990** - *Theoretical Population Genetics*. Unwin Hyman, Londres.

- Gallais A. 1994-** La sélection assistée par marqueurs. Quel avenir pour l'amélioration des plantes? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. 397-397.
- Gaudeul M.; Taberlet P. and Till-Bottraud I., 2000-** Genetic diversity in an endangered alpine plant, *Eryngium alpinum* L.(Apiaceae), inferred from amplified fragment length polymorphism markers. *Molecular Ecology*, **9**, 1625–1637.
- Gehu J.M., 1998** - Variation floristiques et synchronologie des Ammophilaies européo-africaine. Labo. de botanique. Paris V. pp: 1-10.
- Ghars M-A., Parre E., Debez A., Bordenave M., Richard L., and Abdelly C., 2008** - Comparative salt tolerance analysis between *Arabidopsis thaliana* and *Thellungiella halophila*, with special emphasis on  $Na^+/K^+$  selectivity and proline accumulation. *Plant physiol.*, 144(1): 503-512.
- Ghodbani T., 2010-** Environnement et littoralisation de l'ouest algérien. Carnets géographiques n 1 oct.
- Gillespie J.H., 1991-**The Causes of Molecular Evolution, Oxford University Press, New
- [Godelle B., Gouyon P., 1998](#) -Evolution of the plant mitochondrial genome: dynamics of duplication and deletion of sequences. [Journal of molecular evolution 46 \(2\): 155-8.](#)**
- Goldhirs AG., Hankamer B., Lirs SH., 1990** - Hydroxy-proline and proline content and cell wall of sunflower, Peanut and cotton under salt stress. *Plant Sci.*, 69: 27-32.
- Gomez-Cadenas A., Arbona V., Jacos J., Primo-Millo E. et Talon M., 2003** - Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in *Citrus* plants. *J. Plant Growth Regul.*, 21 : 234-240.
- Goodwin S.B., 1997-** The population genetics of phytopathology. **87** :462-473.
- Gorantla M. Babu P.R and Arjula R., 2007** - Identification of stress-responsive genes in an indica rice (*Oryza sativa* L.) using EST generated from drought stressed seedlings. *J. Exp. Bot.*, 58: 253-265. graminée fourragère. These. Doct. Poitier. pp 221.
- Gorham J., 1984-** Separation of plant betaines and their sulfur analogues by cation exchange high performance liquid chromatography. *Journal Chromatography* **287** :345-351
- Gray A.J., 1985** –Adaptation in perennial coastal plants-with particular reference to heritable variation in *Puccinellia maritima* and *Ammophila arenaria*. *Végétatio*, **61** :179-188.
- Grennan A.K., 2006** - High Impact abiotic stress in Rice. An “OMIC” Approach. *Plant. Physiology*. 140 : 1139 -1141.
- Grivet D., 2002-** Phylogéographie et évolution moléculaire comparée d'arbres forestiers à l'aide des marqueurs chloroplastiques. .These. Doct. Univ. Henri Poincaré, Nancy-I. pp :244.
- Guillaume C., 2006** - *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin. Spectrosciences.
- Guillaume C., 2007** - Les transporteurs du saccharose chez les végétaux. secpetro-science.
- Hamidi N., 2007** – Etude de la régénération des populations végétales selon un transect bioclimatique Nord-Sud en Algérie. thèse de Doctorat d'Etat en sciences de la nature, Biologie végétale. Univ. Sci. Tech. Houari Boumediène, Bab Ezzouar Alger, 201 p.
- Hamrick J.L., Godt M.J.W., 1996** - Effects of the life history traits on genetic diversity in plant
- Handa S., Hasegawa P.M and Bressan R.A., 1986** - Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *Plant Physiol*, 80: 938-945.
- Hanifi N., 2007-** Etude de la régénération des populations végétales selon un transect bioclimatique Nord-Sud en Algérie. Thèse de Doctorat d'Etat en sciences de végétale. la Nature, Biologie végétale. Univ. Sci. Tech. Houari boumediène, Bab-Ezzouar Alger , 201p.

- Hanifi N., N. Benchouk, C. Taguemout & R. Bendaoud, 2004-** Réhabilitation, valorisation, aménagement de l'écosystème de Zemmouri, y compris la zone côtière. AEB-Life Pays-tiers, TCY 99/DZ/136, (Algérie-CEE), 64 p.
- Haouala F., Ferjani H., Ben El Hadj S., 2007-** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup>) et du chlore (Cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **11**(3):235-244.
- Hare P.D and Cress W.A., 1997 -** Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regulation*, 21: 79-102.
- Hare P.D., Cress W.A and Van Stadem J., 1998 -** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment*, 21: 535-553.
- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K. and Bohnert H.J., 2000 -** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev Plant Mol. Plant physiol Biol.*, 51: 463-499.
- Hassani A. ; Dellal A. ; Belkhodja M. ; Kaid-Harche M., 2008 -** Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). *Europ. Journ. of Scientific Research*. ISSN 1450216X. 23 (1): 61-69.
- Hellebust J.A., 1976 –** Osmoregulation. *Plant physiol.*, 27: 519-570.
- Heller R., 1982 -** Physiologie végétale . Tome I : Nutrition. Edition Masson. Paris, 244p.
- Heller R., Esnault R., Lance C., 1998 -** Physiologie végétale. Tome I: Nutrition. 6<sup>ème</sup> Ed, DUNOD. Paris , 47p.
- Henin S., 1976 –** Définition de la sécheresse, politique d'utilisation de l'eau. *Fourrage*, 67: 13-25.
- Hernandez S.,Deleu C., Lahrer F., 2000-** de proline dans les tissus foliaires de tomates en réponse à la salinité .Compte rendus académiy des scinces de la vie/Life Science,Vol **323**: 551-557.
- Hesp P.A., 1988 –** Morphology,dynamics and internal stratificationof some established foredunes in southeast Australia.*Sedimentology*,**55** :17-41.
- Heyser JW., Deruind D., Kincaidm., Johnson RY., Rodriguez M. M. et Robinson N.J., 1989 -** Caractérisation of L-proline biosynthjesis in halophytic and no halophytic suspension cultures by 13 CNMR. *J. Plant Physiol.*, 135: 459-446.
- Hopkins W.G, 2003 -** Physiologie végétale. Ed. de Boek Univ. 1<sup>ère</sup> ed. 451p.
- Houle G., 1997-** Interactions between resources and abiotic conditions controplant performance on subartic coastal dunes.*American journal of botany* (**12**):1729-1737
- Hsiao.T.C., Acevedo.E., 1976-** Stress metabolism: water stress growth and osmotic adjustment. *Phil. Trans. Roy. Soc. London B*, 273: 479-500.
- Hu C.A., Delauney A.J,Verma D.P., 1992 –** A bifunctional enzyme (delta l- pyrroline 5 carboxylates synthetase) catalyzes the first two steps in proline biosynthesis in plant.Proceeding of natinonal academy of sciences of the USA,Vol 89 :**19** :9354-0358
- Hubac C. et DA Silva V., 1980 -** Indicateurs métaboliques de contraintes mésologiques. *Physiol. Biochem.*, 27, 5: 737-744.
- Huiskes A.H.L., 1979-** Biological flora of the Britich Tsles :*Ammophila arenaria* (L.) Link (*Psamma arenaria* (L.) Roem et Schult ;*Calagrotist arenaria* (L.) Roth).*journal of Ecology*,**67** (1) :363-382.
- Huiskes, A.H.L., 1975 –** *Ammophila arénaria*.*J.Ecol.***67** :363-382.
- Ighil Hariz Z., 1990-** Etude du comportement physiologique, biochimique et structurale du *Retama retam* (Rtam) vis-à-vis du chlorure de Sodium. Thèse Magister, Univ. Oran, 120p.
- Igram J., and Bartels D., 1996 -** The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Ann.Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.*, 47: 377-403.

- Immanulhug S.M. and Larher F., 1984** - Effect of maintaining a constant Na: Ca ratio on the growth, ion balance and organic solute status of NaCl treated cowpea *Vigna sinensis* L.Z. Pflanze. Physiol, 113: 163-176.
- Jaim M., Mathur G., Koul. S. and Sarin N.B, 2001** - Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (*Arachis hypogrea* L). Plant cell Rep., 20: 463-468.
- Jenks M., 2006** – Plant abiotic stress. Oxford, UK Blackwell Publishers. 288p.
- Jones H., 2004** - What is water use efficiency ? In :water use efficiency in plant biology- Bacon Ma., ed. Oxford Black well. : 27-41.
- Jones M.M., Osmond C. and Turner N., 1980-** Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. Aust.J.Plan, physiol., 7: 193-205.
- Jorge I., Navarro R.M, Lenz C., Ariza D. and Jorrin J., 2006** - Variation in the holmoak leaf proteome at different plant development stages , between provenance and in reponse to drought stress. Proteomics, 6: 207-214.
- Joshi S., 1984** - Effet of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of *Pigeonpea cajanus* L. plant and soil, 82: 69-76.
- Joyce P.A., Aspinall D. and paleg L.G., 1992** - Photosynthesis and accumulation of proline in response to water deficit. Aust. J. Plant, 19: 249-261.
- Judd W.S., Campbelle C.S., Kellog E.A. et Steven P., 2002** - Botanique systématique: une perspective phylogénétique. Ed. De Boeck. New York. 467 p.
- Julier B., Flajoulot s., Barre P., Cardinet G., Santoni S., Huguet T.and Huyghe C., 2003a-** Construction of two genetic linkage maps in cultivated tetraploid
- Kacemi, M. 2004-** *Recommandations pour l'élaboration des PDAU et des POS dans les zones littorales*, Dar El Gharb.
- Kaddour Hocine A., 2008** - Contribution à l'étude du comportement morphophysologique de *Pistacia atlantica* desf .sp , *atlantica*, stressée à la salinité. Mém. mag. univ. Oran algérie.
- Kaiser W.M., 1987** - Effect of water deficit on photosynthetic capacity. Physio. Plant., 71: 142-149.
- Kantely RV., Zeng X., Bebbetzen JL., Zehr BE., 1995-** Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbreed lines usisng inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. Mol Breed 1:36–373.
- Kaye C. and Guy CL., 1995** - Perspectives of plant cold tolerance: Physiology and molecular responses. Science Progress, 78 : 271-299.
- Keller F.,Ludlow M.M.,1993-** Carbohydrate metabolism in drought stressed leaves of *Pigeopea*(*Cajanus cajan*).Journal of experimental Botany.Vol 44,265:1351-1359
- Kim D.W, Rakwal R. and Agrawal G.K., 2005** - Anhydroponic rice seedling culture model system for investigating proteome of salt stress in rice leaf. Electro phoresis, 26: 4521-4539.
- Kim J. et Lumaret J.P. , 1981-**Ecologie de *Psammodyus porcillis* (Col.Aphodiidae),insecte sabulicole des dunes littorales du golfe du Lion.Annls. « Soc.Entomol.Fr.,(N.S),17,(4),p 449-462.
- Klyosue T., Yoshiba Y., Yamaguchi-Shinozaki. K. and Shinozaki K., 1996** - Anuclear gene encoding mitochondrial proline dehydrogenase, an enzyme involved proline metabolism is upregulated by proline but down regulated by dehydration in *Arabidopsis*. Plant Cell, 8: 1323-1335.
- Kotchoni S. , Kuhns O , Ditzer C. , Kirch D. , Bartels H.. 2006-** Over-expression of different aldehyde dehydrogenase genes in *Arabidopsis thaliana* confers tolerance to abiotic stress and protects plants against lipid peroxidation and oxidative stress. Plant Cell Environ. 29, 1033

- Kotchoni SO., Kuhyvs C., Ditzer A., Kirch HH. and Bartels D., 2006** - Over expression of different aldehyde dehydrogenase genes in *Arabidopsis thaliana* confers tolerance to abiotic stress and protects plant against lipid peroxidation and oxidative stress. *Plant Cell and Environnement*. 29 :p 1033-1048.
- Lahrer F., Lepart L., Patrivalsky M. and Happart M., 1993**- Effectors for the osmoinduced proline response in higher plants. *Plant physiol. Biochem.*, 31 (6): 911-922.
- Langridge P., Paltridge N. and Fincher G., 2006** - Functional genomic of abiotic stress to tolerance in cereals and brief function genomic. *Proteomic*, 4: 343-254.
- Lansac A.R., Sullivan C.Y. and Johnson B.E., 1996** - Accumulation of free proline in (*Sorghum bicolor*) pollen. *Can. J. Bot.*, 74: 40-45.
- Laouar M., Kies N., Abdellaoui K., Bennour A., Bettahar N., Kadi S., Bouza L., Abdelgerfi A., 1997** - Effet du stress hydrique sur le comportement physiologique de dix populations de *Medicago intertexta*
- Laouar S., 1977** - Caractéristiques écophysiological et aspects de l'économie de l'eau de l'olivier (*Olea europea* (L.)) et de l'oranger (*Citrus sinensis* (L.) obsbeck). Th. doct. d'état és. Sciences. Univ. Paris VII.
- Larher F., Huqis M., Gerant-Sauvage D., 1987** – In les colloques de l'IRA, n° 37. Nutrition azotée des légumineuses, P. Guyed INRA. Publications. : 181-192.
- Laribi M., 1982** - Contribution à l'étude caryosystématique de quelques halophytes et psammophytes du littoral Algérois. Mém. Ing. agronome. Spec. Polytechnie..
- Larid M., 2006** – La zone côtière humide de Réghaia dans le littoral Est Algérois (Algérie) : Contribution méthodologique à son plan de gestion ; Environnement, Nature, Paysage. 7(3).
- Lawlor D.W., Paul M.J. Habash D.Z and Tezara W., 1995** - Water stress, where is the limitation to carbon assimilation? current controversias reconsidered. In proceeding 2<sup>nd</sup> stressnet conference, Italy-eds-, :143-148.
- Le Houérou H.N., 1995**- Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. Options Méditerranée, er. B 10.396 p.
- Le Houerou H.N., 1957** - Contribution à la connaissance de la flore du sud-est tunisien et du sahel. *Bull. Soc. Hist. Nat . Afr. N.* : 357-369.
- Le Houerou H.N., 1993** - Salt tolerant plants for the arid regions of the Mediterranean isoclimatic zone In : H. Leith and A.El Masdom (eds), Towards the rational use of high salinity tolerant plants. Kluwer. Acad. Publ, Dordrecht, the Netherlands. 1: 403-422.
- Le Saint A.M., 1966** - Observations physiologiques sur le gel et l'endurcissement chez le chou de Milan. Thèse Doct. Es Sciences, Paris, série A, N° 4669.
- Le saint A.M., 1969**-Variations comparées des teneurs en proline libre et en glucides solubles en relation avec l'inégale sensibilité au gel des organes plants de chou de Milan. *Culture CR. Sci. Paris*, 268 31: 0-313.
- Leclerc M.C., 1983** - Etude *in situ* de l'influence de l'humidité et de la teneur en nitrate d'un sol dunaire sur l'accumulation et la réduction du nitrate chez l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.)Link). *Plant and soil*, 70 : 229-241.
- Leclerc M.C., 1985** - Alimentation azotée des plantes des dunes littorales de la méditerranée. Relation avec la disponibilité en eau et en azote du sol .Th. Doc. d'état en Sciences. Acad. Montpellier. Univ. Sc. et tech. Du Languedoc. 240p.
- Lee J.A. et IGNACIUK R., 1985**- The physiological ecology of strandline plants.Vol.62,n 13,pp.319-326 (17ref).
- Lee S., Lee EJ., Yange EJ. and Park OK., 2004** - Proteomic identification of annexins, calcium-dependent membrane binding proteins that mediate osmotic stress and abscisic acid signal transduction in *Arabidopsis*. *The plant cell*, 16: 1378-1391.

- Leone P., Pocock D., Wise RA., 1991**-Morphine-dopamine interaction: Ventral tegmental morphine increases nucleus accumbens dopamine release. *Pharmacol Biochem Behav* **39**: 469–472
- Leroy X.J.; Leon K., and Branchard M., 2000** – Characterisation of *Brassica oleracea* L. by microsatellite primers. *Plant Systematics and Evolution*, **225**, 235–240.
- Leuning R., 2002** - Temperature dependence of two parameters in a photosynthesis model. *Plant, Cell and Environment*, **25**: 1205-1210.
- Levignon ., 1995**- Les plantes face au stress salin. *Cahiers d'Agriculture*, **4**, Numéro 4, 263-73-Juillet Aout, Synthèse.
- Levignron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Foucroy P and Casse F., 1995** - Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agric.*, **4**: 263-273.
- Lexer C. and Fay M.F., 2005** – Adaptation to environmental stress : a rare or frequent driver of speciation ? *Journal of Evolutionary Biology* Volume 18 Issue 4. pages :893-900.
- Lexer C., Faym F.; 2005** - Adaptation of environmental stress: a rare or frequent driver of speciation. *J. Evol. Biol.*, **18**: 893-900.
- Liang Z., ZhanG F., Shao M. and Zhang J., 2002** -The relations of stomatal conductance , water consumption , growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat (*Triticum aestivum*). *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **43**: 187-192.
- Lilley J.M., Ludlow M.M, Mccouch S.R and O'toolej C., 1996**-Locating QTL for osmotic adjustment and dehydration tolerance in rice. *J. Exp. Bot.*, **47**: 1427-1436.
- Lliberte G. et Paquin R., 1984** - Effets des basses températures avec ou sans apport d'acide glutamique et de saccharose sur la teneur en proline et la tolérance au gel du blé d'hiver. *Physiol. vég.*, **22**: 305-315.
- Low L.B., Ayers G.S. and Ries S.K., 1972** - The relationship of seed protein and amino-acide composition to seedling vigour and yield wheat. *Agro. J.*, **64**: 608-611.
- Maachi K., 1989** - Projet de fixation des dunes du littoral oranais dans la région de Ain El Turk-Bou Sfer plage. *Mem. d'ing. Agronome. I.T.A. Mostaganem.* 56p.
- Maamouri A., 2014** -Variabilité génétique de la luzerne cultivée en association avec une
- Maire R., 1926**- Notice de la carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. *Alger, Baconnier*, 78 p.
- Maire R., 1953** - Encyclopédie biologique. Flore de l'Afrique du Nord. *TVII. Ed. P. Lechevalier.* 374p.
- Majoul T., Bancel E.; Triboui E., Benhamida J. and Branlard G., 2004** - Proteomic analysis of the effect of heat stress on hexploid wheat grain : characterization of heat-responsive proteins from non-prolamine fraction. *Proteomics* **4**: 505-513.
- Majoul T., Brncele E., Triboui E., Benhamida J. and Branlard G., 2003** - Proteomic analysis of the effect of heal stress on hexploid wheat gran : characterization of heat-responsive proteins from total endosperm. *Proteomics*; **3**: 175-183.
- Malalamy J.E, 2005** - Intrinsic and environmental pathway that regulate root system architecture. *Plant Cell and Environ.*, **28**: 67-77.
- Mallasses L., 1996** - Economie de production et de consommation ed. ujas. : 32-40.
- Marcadon J. and Cover F., 1999**- L'espace littoral : approche de géographie humaine. *Presse universitaires.Renne (PUR)-Sciences-220p.*
- markers and strategies for molecular mapping in tetraploid alfalfa. *Genome*, **36**, 844-851.
- Martin M., Morgan J.A, Zerbi G.and Lecain D.R, 2002** - Water stress imposition rate affects osmotic adjustment and cell wall properties in winter wheat. *ITAL.J.Agron.*, **1**: 11-20.

- Martinez J.P.; Silva H.; Ledent J.F. et Pinot M., 2007** - Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) European journal of agronomy. Jan. 26 (1): 30-38.
- Martre P., Durand J.L. and Cochard H., 2000** - Changes in axial hydraulic conductivity along ontating leaf blades in relation to xylem maturation in tall fescue. New phytologist., 146 (2) : 235.
- Maun M.A and Baye P.R., 1989** - The ecology of *Ammophila breviligulata* Fern. on coastal duns systems. Aquatic. Sciences VI (4): 661-681.
- Maun M.A and Lapierre J., 1986** - The effect of burial by sand on germination and seedling emergence of four dunes species. Amer. J. Bot. 73(3): 450-455.
- Maun M.A. , 1989** - Population, biology et *Ammophila breviligulata* and *Calamovilfa longifolia* on lake Huron sand dunes. III. Dynamic changes in plant community structure. Can. J. Bot. 67: 1267-1270.
- Mazliak P., 1995** - Physiologie végétale, nutrition et métabolisme. Ed. HERMAN, Paris. France, 539p.
- McMichel B.H. and Elmore C.D., 1977-** Proline accumulation in water stressed cotton leaves. Crop science, 17: 905-908.
- Mehdadi Z., Benaouda Z.,Latreche A.,Benhassaini H., & Belbraouet S., 2008-** Evolution saisonnière de la composition foliaire de *Stipa tenacissima* L. en éléments minéraux et en fibres pariétales.Acta Bot.Gallica,155 (3) :435-445.
- Mehdadi Z.,2003** – Etude écobiologique de *Stipa tenacissima* L. Apport de la cytofluorométrie dans l'étude du comportement du méristème végétatif et évolution saisonnière de la composition foliaire en fibres pariétales,éléments minéraux et lipides.Thèse Doc.d'état en écologie et biologie végétale.Option :écibiologie.Dépt.scien.Env.uni.SBA.128p.
- Mekhaldi A. 2007-** Comportement physiologique et biochimique chez le MUNG BEAN (*Vigna radiata* (L.) Wilezek) stressé à la salinité. 106 p.
- Merah O., Deleens E. and Monneveux P., 2001c.** - Relationship between carbon isotope discriminatiuon, dry matter production, and harvest index in durum wheat. J. Plant Physiol., 158: 723-729.
- Meziani K. et BELgat., 1984** - Le cordon littoral de la région de Mostaganem (Algérie). Etude phytoécologique et propositions d'aménagement. Th . doc. Ingénieur . Fac .St Jérôme. Aix Marseille. 198 p + Annexes.
- Meziani K., 1984-** Le cordon dunaire de la région de Mostaganem (Algérie). Étude et proposition d'aménagement. Thèse de docteur ingénieur, Université d'Aix Marseille, 213 p.
- Michael J. Smolen M.J. and Bickham J.W., 1994** - Chromosomal variation in pocket gophers (Georny) detected by sequential G-, R-, and C-band analyses. Chromosome Research (2) :343-353
- Mint Mohamed K .M., 2006** - Effet de la salinité sur la proline et les glucides chez la fève (*Vicia faba* L.). Mém. Mag. Univ. Oran (Algérie). 117p.
- Moinddin S.G.A., Fischer R.A. , Sayre K.D and Reynolds M.P, 2005-**Osmotic adjustment in wheat in relation to grain yield under water deficit environments. Agron. J., 97:1062-1071.
- Mokhtari F., 2006-** Etude de la variabilité génétique de la tolérance à la sécheresse chez le blé tendre par une approche intégrée de l'étude de l'efficacité d'utilisation de l'eau et l'utilisation des marqueurs moléculaires.
- Monneveux P. et Nemmar M., 1986** - Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. Agronomie, 6 : 583-590.

- Monneveux P., 1989** - Quelles stratégies pour l'amélioration génétique des céréales d'hiver ? Dans : Jour. scie. de l'AUPELEF, (Tunis); 4-9 Déc, ENSA-INRA. Montpellier, 24p.
- Morant A., Pradier E. et Tremblin G., 2004** – Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *J. Plant. Physiol.* 161: 25-33.
- Morgan J.M and Tan M.K., 1996** - Chromosomal location of a wheat osmoregulation gene using RFLP analysis. *Aust. J. Plant Physiol.*, 23: 803-806.
- Morgan J.M, 1992** - Osmotic components and proportions associated with genotypic differences in osmoregulation gene using RFLP analysis. *Aust. J. Plant Physiol.*, 19: 67-76.
- Montaigne W., 2011-** Diversité génétique et adaptation au milieu chez les arbres forestiers tropicaux: étude chez le genre *Virola* (Myristicaceae). Thèse. Doc. Génétique des populations. 1 Vol. 171p.
- Moulis D., and Barbel P., 1999-** Restauration des dunes. Réhabilitation et gestion des dunes littorales Méditerranéennes Françaises. Collection: Manuels et Méthodes. BRGM Ed., 75-91.
- Munn E., Bosch S., Alegre L., Die and Let L., 2008** – Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology* 31: 203-216.
- Munné-Bosch S., Weiler W., Alegre L., Müller, M., Düchting P., Falk J. 2007** - Tocopherol may influence cellular signaling by modulating jasmonic acid levels in plants. *Planta* 225, 681-691.
- Munns R. et Weir R., 1981-** Contribution of sugars osmotic adjustment in elongating and expanded zone wheat leaves during moderate water deficits at two light levels. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 9: 93-105.
- Munns R., 2002** - Comparative physiology of salt and water stress. *Plants, Cell and Environnement.* 25: 239-250.
- Munns R.; Richard A.J. et Lauchli A., 2006** - Approaches of increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. of experim. Botany*, 57, (5): 1025-1043.
- Mrah S., Ouerghi Z., Berthomie C, Havaux M., Junga C., Hajji, M, Grinnion C. et Lachaal M., 2005** – Effet of NaCl on growth and accumulation and photosynthetic parameters of *Thullugiella halophila*. *Journal Plant Physiol.*
- Najimi B., S. El Jaafari, M. Jlibène, JM. Jacquemin. 2003-** Applications des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 7: 17-35.
- Nam M.H., Heo J., Kim S.I., Kwon K.H. and Park Y.M, 2003** - Proteome analysis of the responses of *Panax ginseng* C.A Meyer leaves to high light : use of electrospray ionization quadrupole-time of flight mass spectrometry and expressed sequence tag data. *Proteomics*, 3: 2351-2367.
- Nanjo R., Kobayashi M., Yoshida Y., Sanada Y., Wadaka, Isukaya H., Kakubari Y., Yamaguchi-Shinozaki A. AND Shinozaki K., 1999** – Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant J.*, 18 (2): 185-93.
- Navari F., Quartracci M.F et Izzo R., 1990** -Water stress induced changes in protein and free amino acids in field grown and sunflower. *Plant Biochem.*, 28: 531-537.
- Nelson N., 1944** - A photometric adaptation of the Somogyi, method of determination. *J. Biol. Chem.*, 153: 375-380.
- Nemmar M., 1983** - Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et de blé tendre (*T. aestivum* L.): évolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement, E.N.S.A. Montpellier. Thèse Doctorat Ingénieur.

- Nevo E., 2001** - Evolution of genome-phenome diversity under environmental stress, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 98, p. 6233-6240.
- Nguyen S.T. et Paquin R., 1971** – Méthodes d'extraction et de purification des acides aminés libres et des protéines des tissus hydrolysats. Ann.Chem. :702-706
- Nicot N., Hausman J.F.S and Ever S., 2005** – House keeping gene selection for real time RT-PCR normalization in potato during biotic and abiotic stress. J. Exp. Bot, 56: 2907-2914.
- Noiraud N., Delrot S. et Lemoine R., 2000** - The sucrose transporter of celery. Identification and expression during salt stress. Plant Physiol., 122: 1447-1456.
- Orvar B.L. , Sangwan V., Omann F. and Dhindsa R., 2000** - Early steps in cold sensing by plant cells : The role of actin cytoskeleton and membrane fluidity. plant J. 23: 785-794.
- Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M., Kangasjarvi J., Jiawg X. and Polle A., 2005** - *Populus euphratica* displays apoplastic sodium accumulation, osmotic and adjustment by decreases in calcium soluble carbohydrates, and develops.
- Ozenda P., 1964**- Biogéographie végétale. Doin, Paris, Collection Biologie. 374pp.
- Ozenda P., 1977**- La flore du Sahara 1<sup>ère</sup> édition Paris. CNRS, 622p.
- Palfi G., Kaves E. and Nehez R., 1984** - Main types of amino-acid regulation in cultivars with deficient water supply and their practical application in agriculture. Noventermeles, 23: 219-228.
- Palonen P., 1999** - Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. J. Am. Soc. Horti. Sci., 124: 507-13.
- Paquin R., 1986** - Effet de l'humidité du sol sur la teneur de la proline libre et des sucres totaux de la luzerne endurcie au froid et à la sécheresse. Can. J. Plant Sci., 66 : 95-101.
- Pardrizet E., 1974**- Effect of chlorophyll deficiency on proline metabolism in higher plants. Fiziologia Rastenti, 212: 47-53.
- Parida A.K., Das A.B., 2005**- Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324-349.
- Parisod CH. and Baudiere A., 2006**- Flore du littoral sableux. Description et conservation de la plage roussillonnaise entant que théâtre écologique de l'évolution. Bulletin de la société vaudoise des sciences Naturelles, 90 :47-62.
- Parker R., Flower T.J., Moore A.L. and Harpham NVJ., 2006** - An accurate and reproducible method for proteome profiling of the effects of salt stress in the rice leaf journal of Experimental Botany : 57 : 1109-1118.
- Parre E., Chars M.A., Leprince A.S. and Thiery L., 2007** - Calcium signalling via phospholipase cis essential for proline accumulation upon ionic but not non-ionic hyperosmotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. Plant physiol., 16: 588-599.
- Paskoff R., 1993**- Collection Pratique de la géographie. 250 p. 50 fig. index, Masson. Paris.
- Paskoff R., 1998**- Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution. Paris, Armond Collin. 52 (1998,4) .
- Paskoff R., 2005**- Les plages vont-elles disparaître ? Paris. Le pommier, coll. « Les pommes du savoir », 58p.
- Patel J.A. et Vora A.B, 1985** - Free proline accumulation in drought stressed plants. Plant and soil, 84: 427-429.
- Pavlik B.M., 1982** – Nutrient and productivity relations of the dune grasses *Ammophila arenaria* and *Elymus mollis*. Oecologia (Berlin) 57, 233-238.
- Pavlik B.M., 1983** - Nutrient and productivity of the dune grasses *Ammophila arenaria* and *Elymus mollis*. III. Spatial aspects of clonal expansion with reference to rhizome growth and dispersal buds. Bull. of the torey botanical Club. 110(3): 271-279.

- Perez-Alfodea F., Estan M.T., Caro. et Guerrier G., 1996** –Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *L. penneli*. *Physiol Plant*, 87 : 493-498.
- performance of white clover varieties grown with perennial ryegrass under rotational grazing
- Phee B.K., Park S. and Lee Y.H., 2004** - Proteomic analysis of the response of *Arabidopsis* chloroplast proteins of high light stress. *Proteomics* 4: 3560-3568.
- Pouget M., 1980-** Les relations sol végétation dans les steppes sud algéroises.Trav.et Doc.ORSTOM.N 116 ,55p.
- Purer, 1942** -Anatomy and ecology of *Ammophila arenaria* (L.) Link . *Madrono*, 6 : 167-171.
- Quezel et Santa S., 1963-** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales CNRS.T.I.565p.
- Quezel P. et Santa S., 1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales Tome I. Ed. CNRS. Paris .565 p.
- Quezel P. et Santa S., 1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales. CNRS. TII. 1170p.
- Quezel, P. 2002:** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. – Paris.
- Rascio A.; Cedola M.C ; Toponi M.; Flagella Z. and Wittmer G., 1990** - Leaf morphology and water status changes in *Triticum durum* under water stress. *Physiol. Plant*. 78: 462-467.
- Rathert G., 1984** - Sucrose and Starch content of plant parts as a possible indicators for salt tolerance. *Aust. J. Plant Physiol.*, 11: 491-495.
- Remaoun K., 1981-** Le littoral oranais d'Oran aux Andalouses.recherche géomorphologiques.Th.Doc.3 cycle,uni.Sc.Tech.Lille, 303p.
- Remaoun K., Bellal S.A.,Belmani N.et Dari O., 1993-** Bilan hydrique :fluctuations et impacts sur le milieu et les hommes en Oranie septentrionale (Algérie).
- Renaut J., Lutts S., Hoffman L. and Hausman J.F., 2004** - Responses of poplar to chilling temperatures: proteomic and physiological aspects. *Plant Biology (Stuttgart)*, 6: 81-90.
- Rengasamy P., 2006** - World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 75(5): 1017-1023.
- Requejo R. and Tena M., 2005** - Proteome analysis of maize roots reveals that oxidative stress is a main contributing factor to plant arsenic toxicity. *Phytochemistry*, 66: 1519-1528.
- Ridley M., 1997-** Evolution Biologique, De Boeck.
- Rodriguez HG., Richards RA., Jordan W.R. et Drew M.C., 1993** - Growth, water relations and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. *Plant physiology*, 25 (8) 81-93.
- Rodriguez-Echeverria S., Gera Hol W.H.,Freitas H., Eason W.R.,Cook R., 2008-** Arbuscular mycorrhizial fungi of *Ammophila arenaria* (L.) Link : spore abundance and root colonisation in six locations of the european coast.european journal of soil biology,44 :30-36.
- Rodriguez-Echeverria S., Perezfernandez M.A. and Vlaar S., 2004** - Soil fertility and herbaceous facilitation mediated by *Retama sphaerocarpa*. *Journal of Vegetation Science*. 14 (6) 807-814.
- Rudolph A.S., Crowe J.H. and Crowe L.M., 1986-** Effects of three stabilizing agents-proline, betaine and trehalose-on membrane phospholipids. *Arch. Biochem. Biophys.* 245: 134-143.
- Santoro M.M., Liu Y., Khan S.M.A., Hou L-X and Bolen D.W., 1992-** Increased thermal stability of proleins in the presence of naturally occurring osmolytes. *Biochemistry*, 31: 5278-5283.

- Sarry J.E., Kuhn L. and Ducruix., 2006** -The early response of *Arabidopsis thaliana* cells to cadmium exposure explored by protein and metabolite profiling analyses. *Proteomics*: 6 :2180-2198.
- Sauter J.J., 1988** - Temperature-induced changes in starch and sugars in the stem of *Populus X Canadenis* "Robusta". *J. plant physiol.*, 132: 608-12.
- Schaal B.A. and Leverich W.J., 1996** - Molecular variation in isolated plant populations. *Plant Species Biology*, 11, 33–40.
- Schaffer B., Whiley A.W., Searle C., 1999** - Atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry\_matter partitioning in subtropical and tropical fruits crops. *Hort. Science*, 34: 1033-7.
- Schaller K., 2005** - Proline accumulation in grapevine berries during growth and developpement .Is it a quality indicator ? *CODEN-BLOVAJ*, 79 (891-92): 321-333.
- Sébastien L., 2007**- Archéologie du rituel : méthode appliquée à l'étude de la nécropole de Porta Nocera à pompé, Vivere e morire nell'Impero Romano. Nuove prospettive dell'archeologia funeraria ; seminario europeo di studi.
- Shields R. et Burnett W., 1960** - Determination of protein bound carbohydrate in serum by
- Shomer- Ilan A., Jones G.P. and Paleg L.G., 1991**- *In vitro* thermal and salt stability of pyruvate kinase are increased by proline analogues and trigonelline. *Aust. J. plant physiol.*, 18: 279-286.
- Sibole J.B., Cabot C., Poschenrieder C. and Barcelo J., 2003**-Efficient leaf ion partitioning , an overriding condition for abscissic acid controlled stomatal and lead growth responses to NaCl salinization in two legumes. *Journal of Experimental Botany*, 54(390): 2111-2119.
- Silveira P., Meloar B. et Viegras RA., 2002** - Effets salinité induits sur l'assimilation d'azote liée à la croissance aux usines de doliques de Chine. *Entour. Exp. Bot.*, 46 :171-179.
- Singh K. N. et Chatrath R., 2001** - Salinity tolerance. Crop Improvement division, central soil salinity research institue Karnal, 132 001 (Haryana), India.
- Slama I.,Messedi D.,Ghnaya T.,Abdely C., 2004**- Effet du déficit hydrique sur la croissance et l'accumulation de la proline chez *Sesuvium portulacastrum*.*Revue des Régions Arides* Tome 1N spécial 234-241.
- Smirndff N. and Steart G.R., 1985** - Stress metabolites and their role in coastal plants. *Plant Ecology*. Ed. Spinger Neth., 62 (1-3): 273-278.
- Smith.L.T., Pocard J.A, Bernard T. and Le Redulier D., 1989** - Osmotic control of glycine betaine biosynthesis and degradation in *Rhizobium melilot*. *J. Bacteriol.*, 170: 3142-3149.
- Snoussi S.A., Hali Tima. and Valles V., 2004** - Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Agriculture*, 13(3): 283-287.
- Soldati F. and Jaulin S. , 2002**- Etude de la faune invertébrée des milieuxhalophiles du littoral du Languedoc Roussillon :Caléoptères carabiques,Scarabaeoidea et Tenebrinidae des complexes dunaires littoraux.OPIE-Languedoc-Rousillon-Tome I-p50.
- Soualem S.,2005**- Contribution à l'étude des comportements morphologiques, anatomiques et biochimiques d'une halophyte, *Atriplex halimus* L., stressée à la salinité. Mém. Magister. Univ. Oran79 p.
- species. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 351 : 1291-1298
- Spichiger R.E. ; Savolainen N.V.; Figeat M. et Jean-Monod D.B., 2004** - Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des Angiospermes des régions tempérées et tropicales 3ième édition. Ed. Presse polytechnique et universitaire romande. Losane. 413p.

- Srinivas V. and Balasubramania N., 1995** - Proline is a protein compatible hydrotrope. *Langmuir* 11 : 2830-2833.
- Stambouli H. et Bouazza M., 2006** - La végétation psammophile. Etude phytosociologique et phytoécologique (Algérie).
- Stambouli-Meziane H. and Bouazza M., 2007** -Le climat et les faciès de végétation dunaire dans la région de Tlemcen (Oranie,Algérie).
- Stewart C.R. and Boggess S.F., 1978** - Role of carbohydrates in proline accumulation in wilted barley leaves. *Plant physiol.*, 61: 775-778.
- Stewart C.R. and Larher F., 1980** - Accumulation of amino acids and related compounds in relation to environment stress. *The biochemistry of plants*, academic press, 5: 609-635.
- Stewart C.R., 1982** - Proline accumulation: Biochemical aspects. In *physiology and biochemistry of Drought resistance in plants*, (L.G.PALEG, D.ASPINALL eds), Academic Press, Sydney: 243-259.
- Stewart C.R., Morris C.J. and Thompson J.F., 1966-** Changes in amino acid content of excised leaves during incubation.II. Role of sugar in the accumulation of proline wilted leaves. *Plant physiol.*, 41: 1585-159.
- Stockwell CA, Hendry AP, Kinnison MT., 2003-** Contemporary evolution meets conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution* 18, 94-101.
- Stryer L., 1992** – La biochimie .Ed medicine science Flammarion.Paris. 1088p
- Tabet-Aoul M., 2008-** Impacts du changement climatique sur les agricultures et les ressources hydriques au Maghreb.Les notes d’alerte du CIHEM.**48** :4p.www.cihem.org.
- Tayllor C.R., 1996** - Proline and water deficit: Ups, Downs and Outs. *The Plant Cell*, 8: 1221-1224.
- Teulat B., 1997-** Recherche de marqueurs moléculaires liés à la tolérance au déficit hydrique chez l’orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèse. Doct. Ensa. Montpellier, France.199p.
- Teulat B., Rekika D.,Nachit M.M., Monneveux P., 1997-**Comparative osmotic adjustment in barley and tetraploid wheats, *Plant Breed.*, 116: 519-523.  
thèse doctorat en sciences, option écobiologie végétale, université Djilali Liabès, Sidi Bel Abbès, 226 p. + annexes
- Todd G., 1972-** Water deficits and enzymatic activity. In:Kozlowski T.T.(ed) : water deficits and plant growth. Academic Press. New-York, 3: 177-216.
- Tully R.E., Hanson A.D. and Nelson C.E., 1979** - Proline accumulation in water-stressed barley leaves in relation to translocation and the nitrogen budget. *Plant physiol.*, 63: 518-523.
- Turner N.C, Walter R.S and Evans P., 1987** - Water relations and osmotic adjustment of leaves and roots of Lupins in response to water deficits. Published in *Crop. Sci.*, 27: 977-983.  
under realistic evolutionary models. *Mol. Biol Evol.* 17:32-43
- Van Der Putten W.H and Kloosterman E.H., 1991-**Large scale establishment of *Ammophila arenaria* and quantitative assessment by remote senting.*Journal coastal research*.Vol 7 N 4.
- Van der Putten W.H. and Troelstra S.R., 1990** – Harmful soil organisms in coastal fore dune in the degeneration of *Ammophila arenaria* and *Calammophila baltica*.*Can.J.Bot.*,**68** :1560-1568.
- Van Der Putten W.H.,Yeates G.W., Duyts H., Schrek Reis C.and Karssen G.,2005-** Invasive plants and their escape from root herbivory :A worldwide comparison of the root feeding nematode communities of the dune grass *Ammophila arenaria* in natural and introced ranges.-*Biological Invasions*.**7** :733-746.

- Vega, I. A.; Arribère, M. A.; Almonacid, A. V.; Guevara, S. R.; Castro-Vazquez, A., 2012-** Apple snails and their endosymbionts bioconcentrate heavy metals and uranium from contaminated drinking water. *Env. Sci. Poll. Res.*, **19**: 3307–3316.
- Venecamp J.H., Lampe J.E.M. and Kool J.T.M., 1989** - Organic acids as sources for drought induced proline synthesis in field bean plants (*Vicia faba* L.). *J. Plant physiol.* **133**, 654-659.
- Vezina L. and Paquin R., 1982** - Effects des basses températures sur la distribution de la proline dans les plants de Luzerne, *Medicago mediapens.* *Physiol. Vég.*, **20**: 101-109.
- Vidal E., 1998-** Organisation des phytocénoses en milieu insulaire méditerranéen perturbé. Analyse des inter-relations entre les colonies de goélands leucophées et la végétation des îles de Marseille. Thèse de Doctorat, Biologie des populations et écologie, Université d'Aix-Marseille, 153 p.
- Vigne P and Vigne D., 2011-**L'herbier des plantes sauvages. Larousse
- Vijayan K., 2004** - Genetic relationships of Japanese and Indian mulberry (*Morus* spp.) genotypes revealed by DNA fingerprinting. *Plant Systematics and Evolution*, **243**, 221–232.
- Vincent D., Lapierre C., Pollet B., Cornic G., Negroni L. and Zivy M., 2005** - Water deficits affect wffate D-methyl transferase , lignification and related enzymes in maize leaves. A proteomic investigation. *Plant physiology* **137**: 949-960.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM., 1997** -Human domination of Earth's ecosystems. *Science* **277**: 494–499.
- Wang W.X.; Brak T.; Vinocur B.; Shoeyov O., and Alman A., 2003** - Abiotic resistance and chaprones: possible physiological role of SP 1, a stable and stabilizing protein from *Populus*. In: vasil IK ed. *Plant Biotechnology 2000 and beyond*. Kluwer Dordrecht : 439-443.
- Wang Z. and Stuttle G.W., 1992** - The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **117**: 816-823.
- Weimberg R., Lerner HR. and Poljakooff–Mayber A., 1982-**Changes in growth and water-soluble solute concentrations in *Sorghum bicolor* stressed with sodium and potassium salts. *physiol. plant.* **62**: 472-480
- White M.A., Running S.W. and Thornton P.E. , 1999** - The impact of growing-season length variability on carbon assimilation and evapotranspiration over 88 years in the eastern US deciduous forest. *International Journal of Biometeorology* **42**: 139-145.
- White P. J., 1999** - The molecular mechanism of sodium influx to root cells. *Trends in Plant Science.* **47**: 245-246.
- Why-Jones R.G., Leigh R.A., Ahmed N. and Pollard A., 1977-**Hypothesis on cytoplasmic osmoregulation. In “Regulation of Cell Membrane Activities in plants”, (EMARRE, OCIFFERI ed.), ELSEVIER, Amsterdam : 121-136.
- Williams T.A., Evans D.R., Rhodes I. and Abberton M.T. 2003-** Long-term
- Willis A.J., Folkes B.F, Hope-Simpson J.F. and Yemm E.W., 1959 a-** Braunton Burrows :The dune system and its vegetation. Part I. *J. Ecology* , **47** :1-24.
- Willis A.J., Folkes B.F, Hope-Simpson J.F. and Yemm E.W., 1959 b –** Braunton Burrows :The dune and its vegetation. Part II. *J. Ecology*, **47** :249-288.
- Woodhouse E.D. Seneca Jr. and Broome S.W., 1977-** Effect of species on dune grass growth. *International journal of Biometerology*, **21**(3) :256-266.
- Yan S., Tang Z. and Su W., 2005** - Proteomic analysis of salt stress responsive proteins in rice root, *Proteomics* **5**: 235-244.
- Yan W. and Hunt L.A, 1999** - An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Annals of Botany*, **84**: 607-614.

- Yancey P.H., 2005** - Compatible and counteracting solutes: Protecting cells from the Dead Sea to the deep sea. *Science Progress*, 87 : 1-24.
- Yang Z, Nielsen R., 2000**- Estimating synonymous and nonsynonymous substitution rates
- Yoshida Y., Kiosue T., Nakashima K., Yamaguchi K. And Shinozaki K., 1997** - Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress . *Plant and cell physiology*, 38 : 1095-1102.
- Yoshida Y., Kiosue T., Katagiri T., Ueda H., Mizoguchi T., Yamaguchi-Shinozaki K., Wada.K., Harada Y. and Shinozaki K., 1995** - Correlation between the induction of a gene for delta 1-pyrroline -5- carboxylate synthetase and the accumulation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. *Plant J*.7 (5): 751-760.
- Yu K.F. and Pauls K.P., 1993**- Segregation of random amplified polymorphic DNA
- Zaffran J., 1960** - Formation à *Juniperus phoenicea* L. du littoral algérois. *Bull . Soc. Hist. Nat. Afr. N. T* 53 (78) : 303-338.
- Zerrad W., Maataoui B.S., Hilali S., El Antri S. et Hmyene A., 2008** - Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variété de blé dur. *Lebanese science Journal*, 9 (2): 1-10.
- Zerrad W.,Hilali S.,Mataoui B.,ElAntri El.,Hmyenne A., 2006**- Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur;congrès international de Biochimie,Agadir 371-376
- Zhu H., Choi H., Cook D. and Shoemaker R. 2005**- Bridging model and crop legumes through comparative genomics. *Plant Physiology*, **137**, 1189-1196.
- Zhu J.K., 2005** - Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 53: 247-273.
- Zid E. et Grignon C., 1991** - Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress : cas des stress salin et hydrique. II<sup>èmes</sup> journées scientifiques du réseau de biotechnologie végétale. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. ed . auplef-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : 91-108.
- Zietkiewicz E.; Rafalski J.A. and Labuda D., 1994**- Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*, **20**, 176-183.

## WEBOGRAPHIE

- Site web 1. <http://www.ecosociosystemes.fr/dune.html> (date de consultation : 02/2014)
- Site web 2. <http://www.ile-de-ne.lpo.fr> (date de consultation : 11/2014)  
<http://www.lestaxinomes.org> (date de consultation : 11/2014)
- Site web 3. <http://www.futura-sciences.com> (date de consultation 03/2015)
- Site web 4. <http://www.futura-sciences.com> (date de consultation 03/2015)
- Site web 5. <http://www.futura-sciences.com> (date de consultation 03/2015)
- Site web 6. <http://www.luniversdelamer.free.fr> (date de consultation 01/2015)
- Site web 7. <http://www.academic.ru> (date de consultation 03/2015)
- Site web 8. <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/feuille/enplus/oyat/oyat.htm>  
(date de consultation 11/2014).
- Site web 9. <http://www.ecologie.ma/loyat/> (date de consultation 01/2014)
- Site web 10. <http://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-4138?referentiel=bdtfx>.  
(date de consultation 01/2014)
- Site web 11. <http://www.biology.arizona.edu> (date de consultation 02/2015)
- Site web 12. <http://www.chupsjussieu.fr> (date de consultation 02/2015)
- Site web 13. <http://www.fertilisation.edu.fr> (date de consultation 03/2015)
- Site web 14. <http://www.leavingbio.net> (date de consultation 03/2015)
- Site web 15. <http://www.biochimie-univ-angers.fr> (date de consultation 03/2015)
- Site web 16. . <http://www.futura-sciences.com> (date de consultation 03/2015)
- Site web 17. <http://www.schoolworkhelp.net> (date de consultation 03/2015)

## **Autres documents**

**INRA, 2006** - Communiqué Press Info. Juin/Juillet. Service de presse et de relations publiques

**Doc1 MICL et de L'environnement, 1997-** Ministère de l'intérieur et des collectivités locales. Elaboration de la stratégie nationale pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique Rapport intérimaire.

**PAC Article 2, 2009-**Journal officiel de la république algérienne N° 21

**Doc 2** Charte nationale pour la gestion des ressources génétique, 1999-Institut national de la recherche agronomique (inra) muséum national d'histoire naturelle (mnhn)

## Annexe 01 :

12 Rabie Ethani 1430 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 21 11

10	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 21	12 Rabie Ethani 1430 8 avril 2009
<p>Vu le décret présidentiel n° 08-366 du 17 Dhou El Kaada 1429 correspondant au 15 novembre 2008 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 93-186 du 27 juillet 1993, complété, déterminant les modalités d'application de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, complétée, fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique ;</p> <p>Après approbation du Président de la République ;</p> <p><b>Décète :</b></p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 12 bis de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, complétée, susvisée, et conformément aux dispositions de l'article 10 du décret exécutif n° 93-186 du 27 juillet 1993, complété, susvisé, le présent décret a pour objet de déclarer d'utilité publique l'opération de mise à double voie et modernisation des installations du tronçon Khemis Miliana/Oued Fodda de la ligne ferroviaire Alger/Oran, en raison du caractère d'infrastructure d'intérêt général et d'envergure nationale et stratégique de ces travaux.</p> <p>Art. 2. — Le caractère d'utilité publique concerne les biens immeubles et/ou les droits réels immobiliers servant d'emprise à la réalisation de l'opération visée à l'article 1er ci-dessus.</p> <p>Art. 3. — Les terrains visés à l'article 2 ci-dessus qui représentent une superficie totale de 18 hectares, 47 ares et 40 centiares sont situés sur le territoire de la wilaya de Aïn Defla et délimités conformément au plan annexé à l'original du présent décret.</p> <p>Art. 4. — La consistance des travaux à engager concerne la réalisation de l'opération de mise à double voie et modernisation des installations du tronçon Khemis Miliana/Oued Fodda de la ligne ferroviaire Alger/Oran, et porte notamment sur :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— les terrassements généraux ;</li><li>— la pose de la voie ferrée ;</li><li>— la réalisation de vingt-sept (27) ouvrages d'art ;</li><li>— la réalisation de sept (7) bâtiments de gares et de services.</li></ul> <p>Art. 5. — Les crédits nécessaires aux indemnités à allouer au profit des intéressés pour l'opération d'expropriation des biens et droits réels immobiliers nécessaires à la réalisation de l'opération de mise à double voie et modernisation des installations du tronçon Khemis Miliana/Oued Fodda de la ligne ferroviaire Alger/Oran doivent être disponibles et consignés auprès du Trésor public.</p> <p>Art. 6. — Le présent décret sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 11 Rabie Ethani 1430 correspondant au 7 avril 2009.</p> <p style="text-align: center;">Ahmed OUYAHIA.</p>	<p><b>Décret exécutif n° 09-114 du 11 Rabie Ethani 1430 correspondant au 7 avril 2009 fixant les conditions d'élaboration du plan d'aménagement côtier, son contenu et les modalités de sa mise en œuvre.</b></p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le Premier ministre,</p> <p>Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme, après avis du ministre de l'intérieur et des collectivités locales et du ministre chargé de l'urbanisme ;</p> <p>Vu la Constitution, notamment ses articles 85-3° et 125 (alinéa 2) ;</p> <p>Vu la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée, relative à l'aménagement et l'urbanisme ;</p> <p>Vu la loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002 relative à la protection et la valorisation du littoral ;</p> <p>Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 08-365 du 17 Dhou El Kaada 1429 correspondant au 15 novembre 2008 portant nomination du Premier ministre ;</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 08-366 du 17 Dhou El Kaada 1429 correspondant au 15 novembre 2008 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 91-177 du 28 mai 1991, modifié et complété, fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et le contenu des documents y afférents ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 91-178 du 28 mai 1991, modifié et complété, fixant les procédures d'élaboration et d'approbation des plans d'occupation des sols ainsi que le contenu des documents y afférents ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 04-113 du 23 Safar 1425 correspondant au 13 avril 2004 portant organisation, fonctionnement et missions du commissariat national du littoral ;</p> <p>Après approbation du Président de la République ;</p> <p><b>Décète :</b></p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 26 de la loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les conditions d'élaboration du plan d'aménagement côtier, son contenu et les modalités de sa mise en œuvre.</p> <p>Art. 2. — Le plan d'aménagement côtier comporte :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1 - un rapport technique, qui fait ressortir :<ul style="list-style-type: none"><li>— la délimitation de la zone d'intervention du plan d'aménagement côtier,</li><li>— les caractéristiques environnementales et géographiques,</li></ul></li></ol>	

. l'occupation de la population et des activités économiques et industrielles, le cadre bâti, les voiries, les réseaux d'alimentation en eau et d'assainissement et les infrastructures de base, les enjeux et scénarios d'évolution ainsi que les propositions d'actions.

Le rapport technique comprend les documents cartographiques faisant ressortir, notamment :

- \* une carte de la géomorphologie et géologie du sol ;
- \* une carte de la situation écologique ;
- \* une carte de sensibilité à l'érosion ;
- \* une carte du cadre bâti (échelle 1/10 000) ;
- \* une carte de la densité de population ;
- \* une carte des sources de pollution ;
- \* une carte des voiries et des réseaux d'assainissement ;
- \* une carte océanographique ;
- \* une carte de la géomorphologie marine.

2 - un règlement d'aménagement et de gestion du littoral qui comporte l'ensemble des dispositions fixées par les lois et règlements en vigueur et celles proposées au titre de la loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002, susvisée, pour chaque composante du littoral, relatives notamment à :

l'occupation du sol, l'implantation de voies carrossables, de routes, d'extension des agglomérations, des constructions, des activités économiques et industrielles, de traitement des eaux usées et de déchets, de création de zones d'activités et d'échouage et d'expansion touristique, de réalisation d'infrastructures portuaires ainsi qu'à la protection d'espaces naturels, de milieux côtiers sensibles, d'aires protégées et de zones critiques.

Le règlement d'aménagement comprend un plan cartographique d'aménagement général, faisant ressortir les dispositions fixées par les lois et règlements en vigueur et celles de la loi n° 02-02 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002, susvisée.

Art. 3. . Le rapport technique et le règlement d'aménagement et de gestion du littoral, cité à l'article ci-dessus, sont élaborés sur la base d'une étude, initiée par le ministre chargé de l'aménagement du territoire et de l'environnement et confiée aux bureaux d'études ou à tout centre de recherche en matière d'aménagement du territoire et d'environnement.

Art. 4. . L'avant-projet de plan d'aménagement côtier est transmis pour examen et avis aux walis, aux présidents des assemblées populaires de wilayas et aux présidents des assemblées populaires communales concernées, ainsi qu'à toute institution ou organisme concerné.

Art. 5. . Il est créé une commission interministérielle, pour l'examen du plan d'aménagement côtier, dénommée ci-après « commission », composée de :

- . un représentant du ministre chargé de l'aménagement du territoire et de l'environnement (président) ;
- . un représentant du ministre de la défense nationale ;
- . un représentant du ministre de l'intérieur et des collectivités locales ;
- . un représentant du ministre des finances ;
- . un représentant du ministre chargé des mines ;
- . un représentant du ministre chargé des ressources en eau ;
- . un représentant du ministre chargé des transports ;
- . un représentant du ministre chargé de l'agriculture ;
- . un représentant du ministre chargé des forêts ;
- . un représentant du ministre chargé des travaux publics ;
- . un représentant du ministre chargé de la culture ;
- . un représentant du ministre chargé de l'urbanisme ;

- . un représentant du ministre chargé de l'industrie ;
- . un représentant du ministre chargé de la pêche ;
- . un représentant du ministre chargé du tourisme ;
- . des walis concernés ;
- . un représentant du commissariat national du littoral ;
- . un représentant du service national des gardes-côtes ;
- . un représentant de l'agence nationale d'aménagement du territoire ;
- . un représentant du centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture
- . un représentant de l'école nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral.

Art. 6. . La commission est notamment chargée d'examiner et d'adopter les projets de plans d'aménagement côtier qui lui sont soumis.

Art. 7. . La commission peut faire appel à toute personne en mesure d'apporter une contribution à ses travaux.

Le secrétariat des travaux de la commission est assuré par les services du ministre chargé de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

Les membres de la commission sont informés du lieu, de la date et de l'ordre du jour de la réunion au moins quinze (15) jours avant sa tenue.

Art. 8. . La liste nominative des membres de la commission est fixée par arrêté du ministre chargé de l'aménagement du territoire et de l'environnement sur proposition des autorités dont ils relèvent.

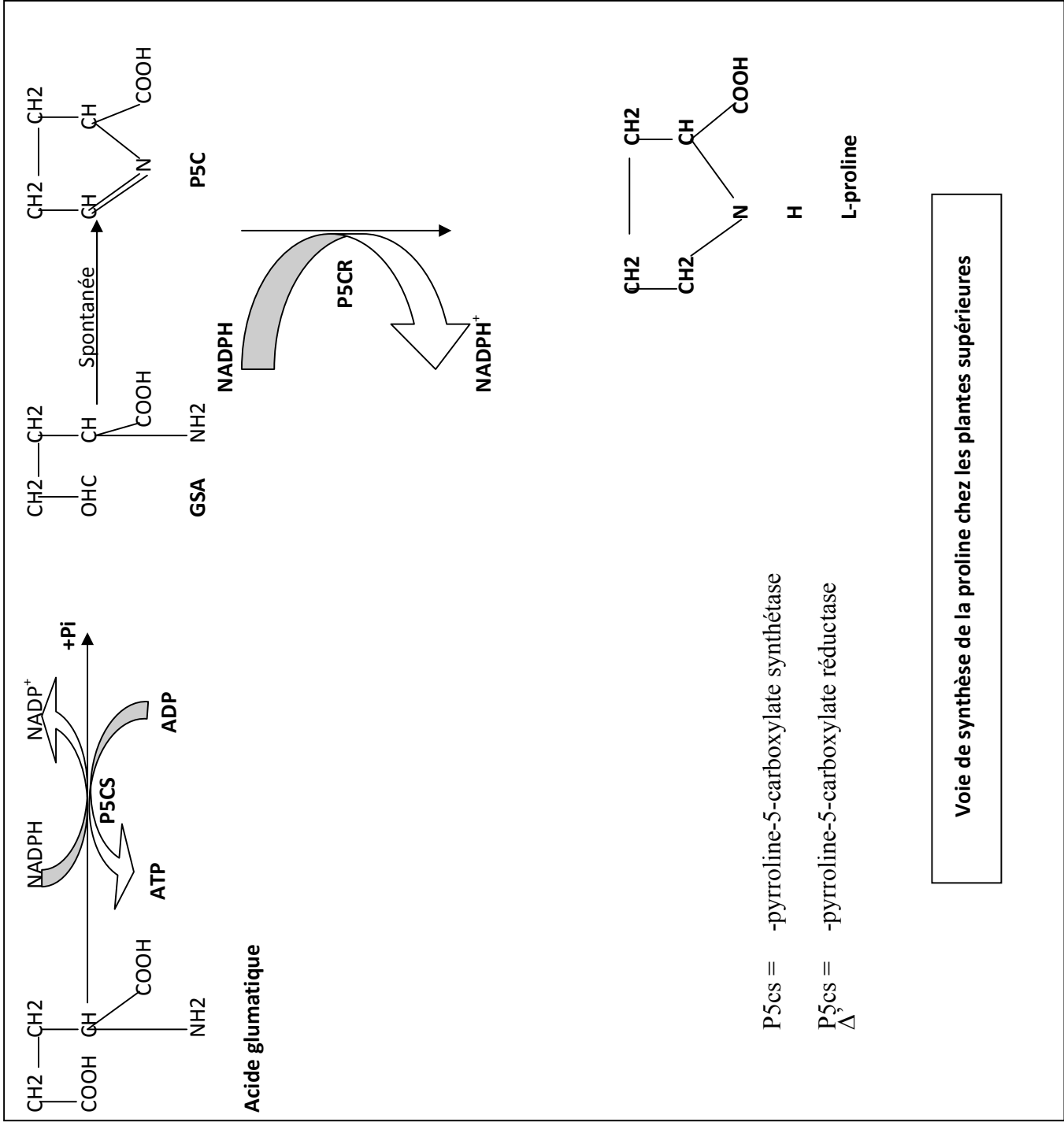
Art. 9. . Le plan d'aménagement côtier est adopté par décret exécutif sur proposition des ministres chargés de l'aménagement du territoire et de l'environnement, de l'urbanisme, de l'intérieur et des collectivités locales.

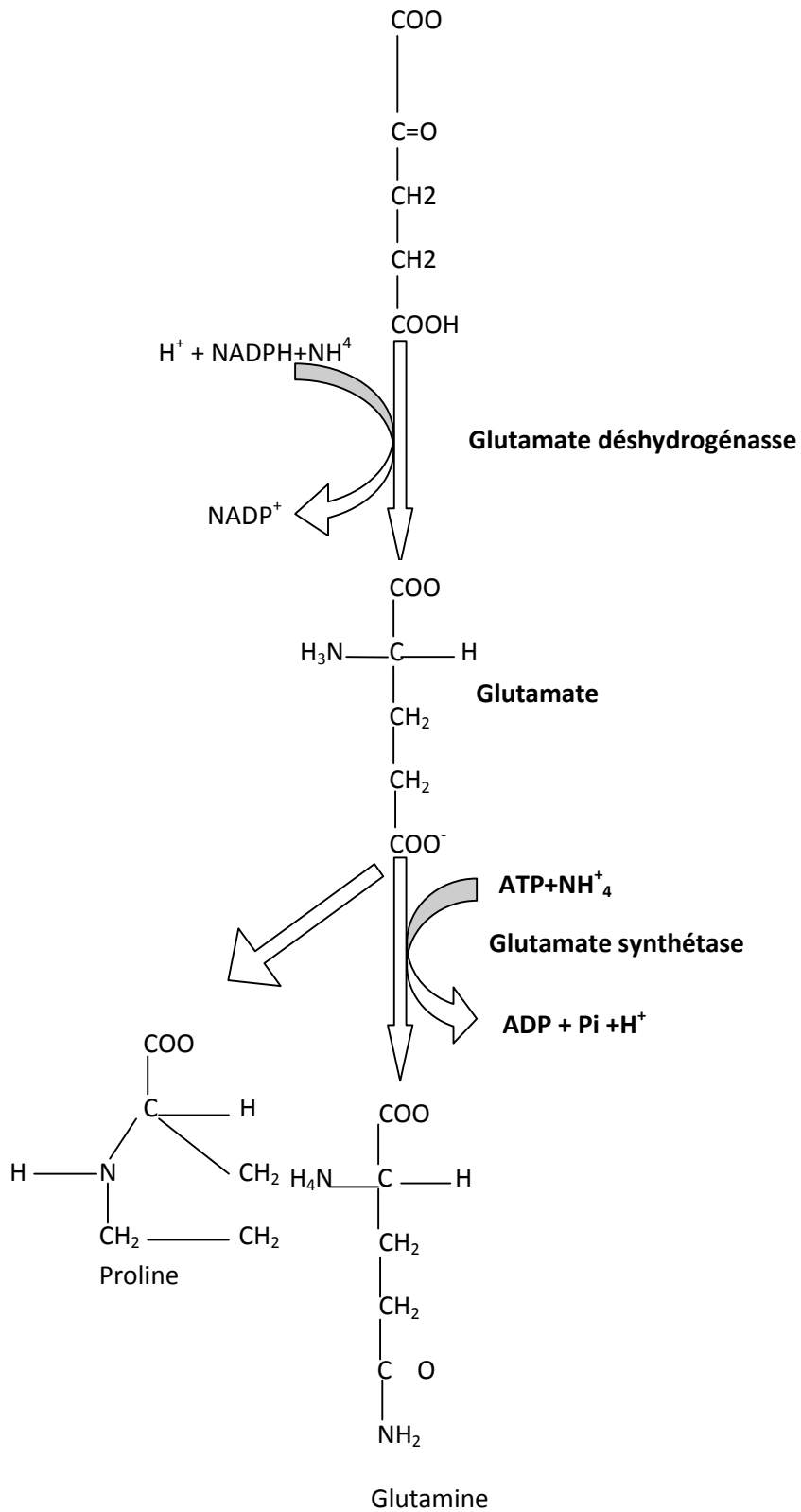
Art. 10. . Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 11 Rabie Ethani 1430 correspondant au 7 avril 2009.

Ahmed OUYAHIA

Annexe 02 :



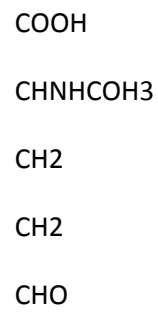
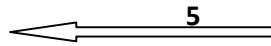
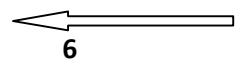
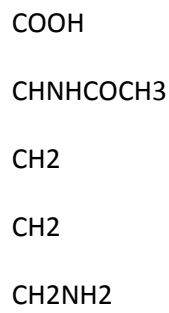
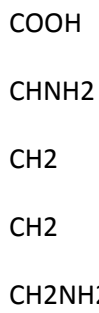
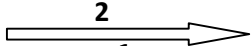
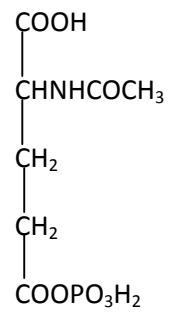
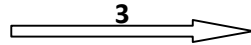
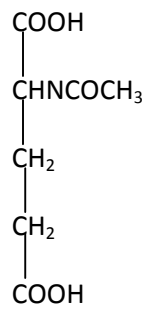
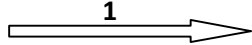
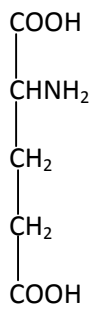


**Voie de synthèse de la proline à partir de  $\alpha$ -cétoglutarate du cycle de Krebs (Lehninger, 1979)**

Glutamate

N-acetylglutamate

N-acetylglumyl-5-

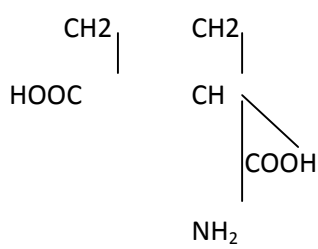


Ornithine

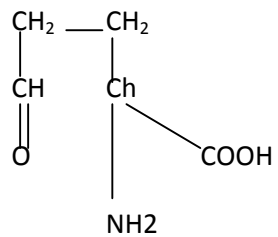
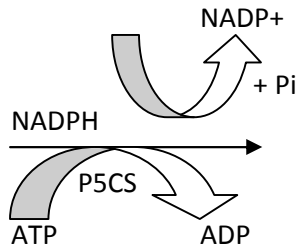
N-acetylornithine

N-acetylglutamyl-5-semialdehyde

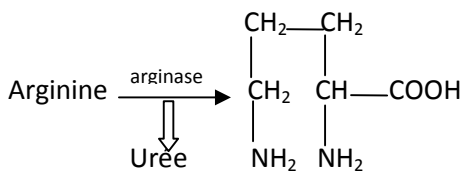
Synthèse de l'ornithine (Thompson ,1980)



Acide Glutamique



**Ornithine - aminotransférase**

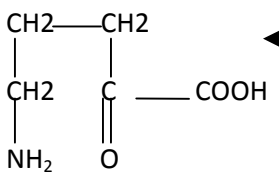
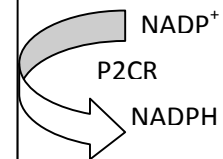
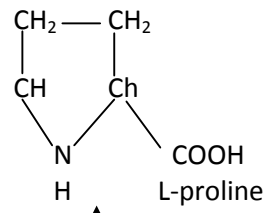
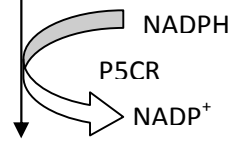
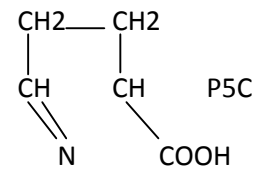


**Ornithine**

**Ornithine α aminotransférase**

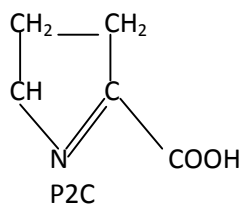
**GSA**

Sport

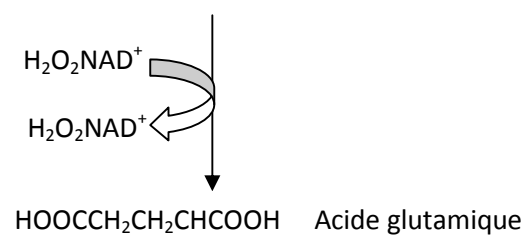
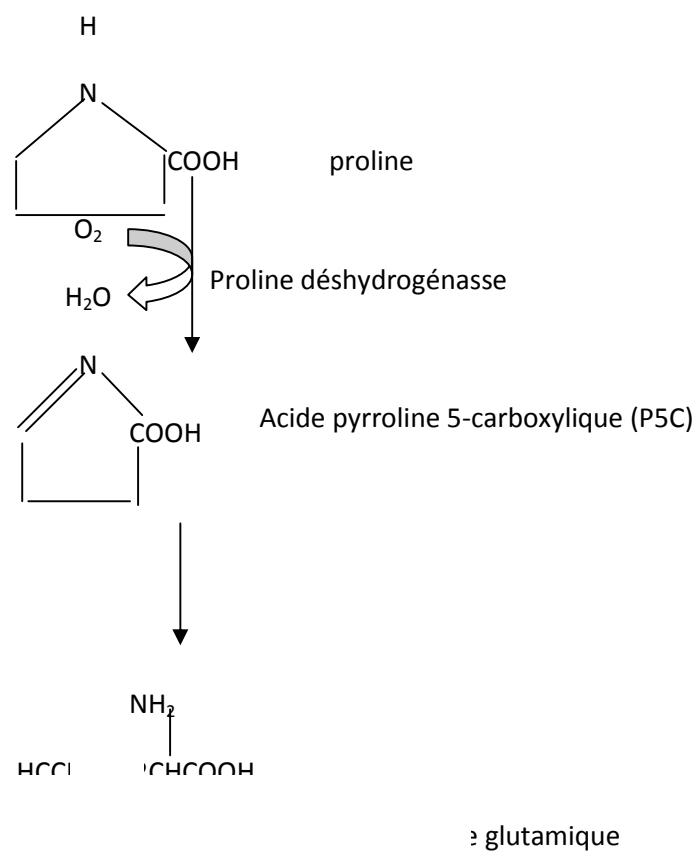


A-céto-δ-aminovalérate

Spontanée



**Synthèse de la proline à partir de l'ornithine (Delauney et Verma, 1993)**

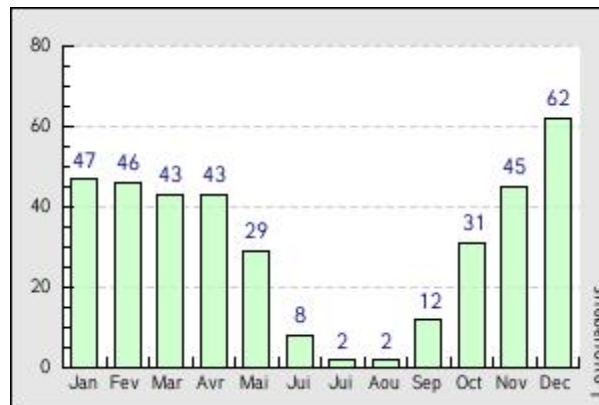


**Conversion de la proline an adide glumatique(Lehninger , 1979)**



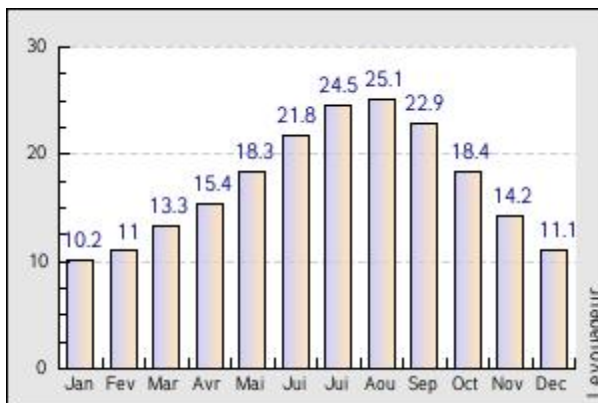
**Annexe 03 :**

Précipitations en mm



**Variation saisonnière des précipitations (mm) du site de prélèvement des échantillons de plantes de l'Oyat (CIHEAM)**

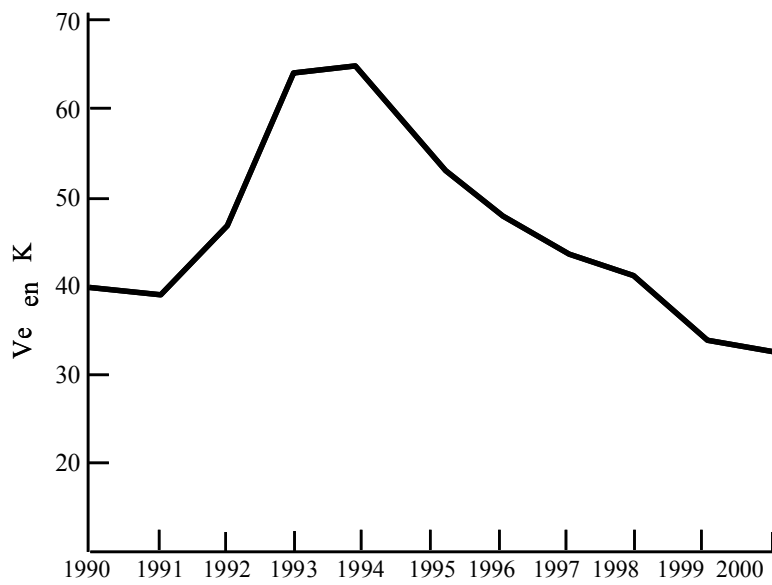
Températures moyennes



Températures minimales et maximales



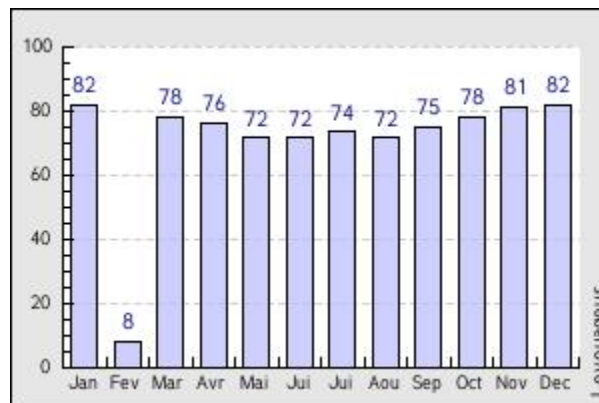
**Variations saisonnières des températures (°C) du site prélèvement des échantillons de plantes de l'Oyat (CIHEAM)**



**Variations du régime des vents (Km/h) du littoral d'Oran**

**(BOURAS *et al.*, 2007 )**

**Humidité**



**Variation saisonnière de l'humidité (%) du site de prélèvement des échantillons (CIHEAM)**

## **Annexe 04 :**

### **- Matériel de laboratoire et produits:**

Pour la réalisation de cette partie de l'expérimentation, nous avons utilisé le matériel et les produits suivants :

#### **a- Pour la préparation des échantillons :**

Poudre végétale – ciseaux – sécateur – sachets – étiquettes – balance de précision-étuve - papier aluminium – piluliers - congélateur – bain marie - spectrophotomètre à absorption moléculaire – agitateur vortex - plaque chauffante - tubes à essai à vis - Fioles – erlenmeyers - béchers –mortier - thermomètre.

#### **b- Pour le dosage de la proline :**

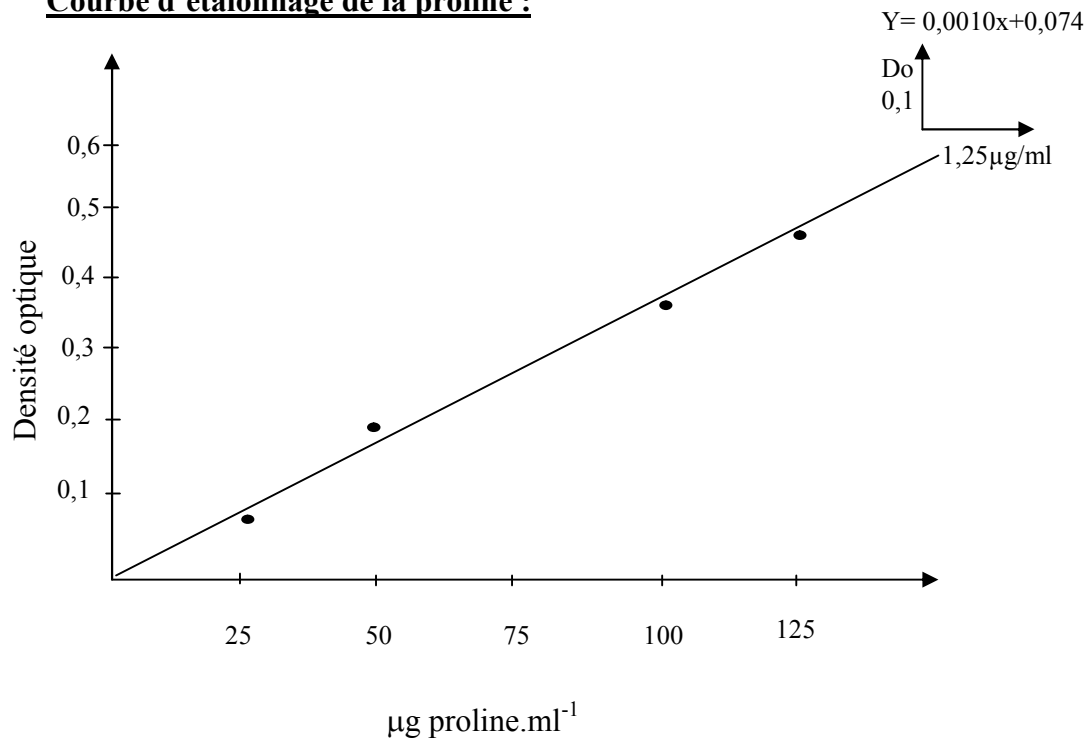
Ethanol - chloroforme - eau distillée - NaCl - solution tampon phosphate - solution de ninhydrine.

#### **c- Pour le dosage des sucres solubles :**

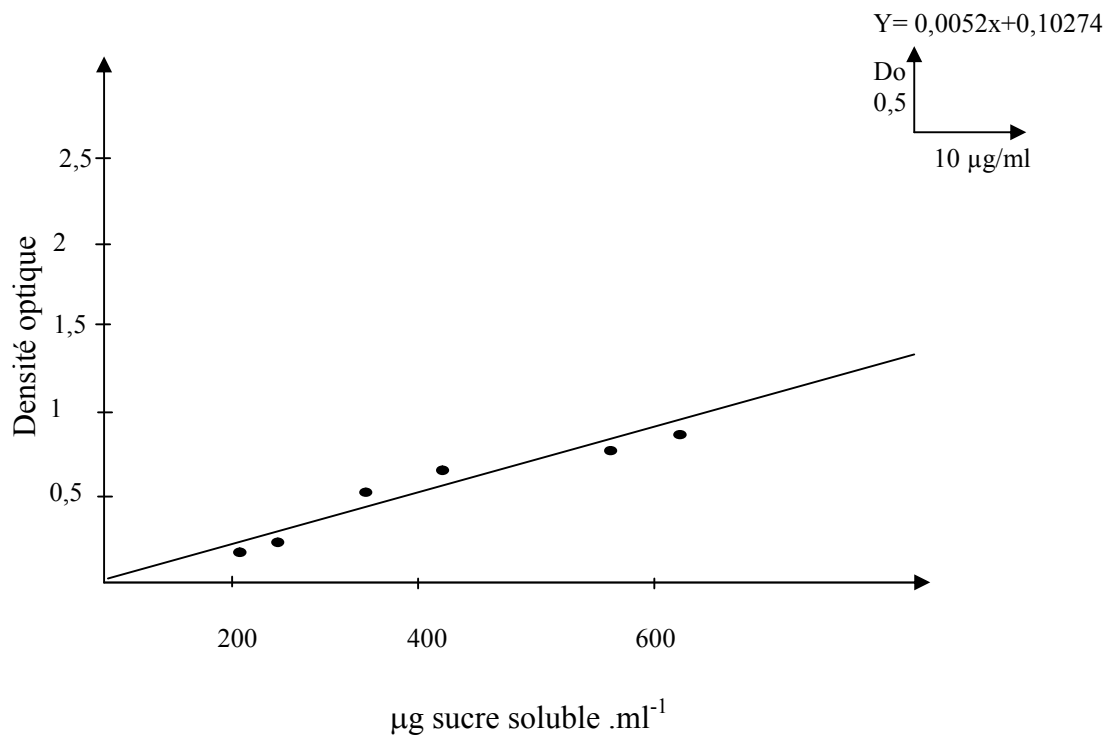
Ethanol - phénol- acide sulfurique – eau distillée.

## Annexe 05 : Courbes d'étalonnage

### Courbe d'étalonnage de la proline :



### Courbe d'étalonnage des sucres solubles



**Annexe 05 : Résultats des analyses statistiques de la proline et des sucres solubles**

**Statistiques descriptives :**

**Proline entre organe pour la même saison (m±σ)**

**Automne :**

Fa	68,071±0,499
Fj	47,407±0,459
Ta	45,540±0,480
Tj	34,801±0,476
Rh	23,694±0,947

S<sup>\*\*\*</sup>

**Hiver**

Fa	12,490±0,354
Fj	5,852±0,461
Ta	7,509±0,288
Tj	2,317±0,265
Rh	1,418±0,226

S<sup>\*\*\*</sup> sauf Tj Rh :S\*

**Printemps**

Fa	25,213±0,280
Fj	4,134±0,072
Ta	3,311±0,233
Tj	2,434±0,224
Rh	2,033±0,013
Tflori	25,002±0,010

S<sup>\*\*\*</sup> sauf Ta Tflori :NS et Fj Ta,Tj Rh :S

**Eté**

Fa	62,299±0,278
Fj	48,656±0,443
Ta	40,509±0,354
Tj	38,396±0,497
Rh	28,462±0,412
Ep	55,356±0,284

S<sup>\*\*\*</sup> sauf TaTj :S\*

**Sucres solubles entre organe pour la même saison (m±σ)**

**Automne :**

Fa	234,750±2,943
Fj	101,737±1,445
T	94,763±1,160
Rh	84,342±0,511

S<sup>\*\*\*</sup>

**Eté**

Fa	179,134±0,421
Fj	131,387±0,299
T	98,187±0,612
Rh	46,232±0,422
Ep	65,332±0,248
GRN	318,742±0,290

S<sup>\*\*\*</sup>

**Hiver**

Fa	133,612±0,927
Fj	80,942±0,460
T	72,350±0,661
Rh	59,382±0,477

S<sup>\*\*\*</sup>

**Printemps**

Fa	80,773±0,277
Fj	80,773±0,277
T	56,007±0,374
Rh	25,041±0,630
Tflori	37,891±0,322

S<sup>\*\*\*</sup>

S<sup>\*\*\*</sup> très hautement significatif

S<sup>\*\*</sup> hautement significatif

S<sup>\*</sup> significatif

NS non significatif

## Annexe 05:

### Analyse de la variance

#### PROLINE PAR SAISON ET PAR ORGANE

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	A E H P

Dependent Variable	FA
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	11236.954	3	3745.651	30912.951	0.000
Error	1.939	160	121		

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	A E H P

Dependent Variable	FJ
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	9265.989	3	3088.663	21371.799	0.000
Error	2.312	160	.145		

## ▼ Analysis of Variance

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	A E H P

Dependent Variable	TA
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	7196.565	3	2398.855	20871.447	0.000
Error	1.839	160.115			

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	A E H P

Dependent Variable	TJ
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	5883.255	3	1961.085	14449.037	0.000
Error	2.172	16	0.136		

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	A E H P

Dependent Variable	RH
N	20
Multiple R	0.999
Squared Multiple R	0.999

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	3036.658	3	1012.219	4089.654	0.000
Error	3.960	160	24.750		

**SUCRE PAR SAISON ET PAR ORGANE**

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	a e h p

Dependent Variable	FA
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	0.999

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	64461.946	3	21487.315	8792.474	0.000
Error	39.101	162	44.444		

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	a e h p

Dependent Variable	FJ
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	0.999

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	9911.647	3	3303.882	5489.840	0.000
Error	9.629	160	60.181		

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	a e h p

Dependent Variable	T
N	20
Multiple R	0.999
Squared Multiple R	0.998

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	5912.289	3	1970.763	3432.679	0.000
Error	9.186	160	0.0574		

Effects coding used for categorical variables in model.  
The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels
SAISON\$ (4 levels)	a e h p

Dependent Variable	RH
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON\$	9241.696	3	3080.565	11579.581	0.000
Error	4.257	160	0.266		

**SUCRE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON A**

SAISON\$ORGANE\$SUCRE PROLINE

### ▼ Analysis of Variance

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable	SUCRE
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	0.999

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANE\$	75463.390	3	25154.463	8143.405	0.000
Error	49.423	163	0.303		



## PROLINE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON A

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable Means	
SUCRE	PROLINE
128.898	46.236

Estimates of Effects $B = (X'X)^{-1}X'Y$		
Factor	Level	SUCRE PROLINE
CONSTANT		128.898 46.236
ORGANE\$	Fa	105.852 21.892
ORGANE\$	Fj	-27.161 1.138
ORGANE\$	Rh	-44.556 -22.404

Information Criteria	
AIC	126.037
AIC (Corrected)	159.037
Schwarz's BIC	136.990

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable	PROLINE
N	20
Multiple R	0.999
Squared Multiple R	0.999

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANE\$	4914.481	3	1638.160	4913.563	0.000
Error	5.334	160	0.333		

## SUCRE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON E

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable	SUCRE
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANES	46935.115	3	15645.038	76383.117	0.000
Error	3.277	160	20.475		

## PROLINE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON E

Effects coding used for categorical variables in model.  
The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	FaFjRhT

Dependent Variable	PROLINE
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	0.999

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANE\$	3031.416	3	1010.472	7106.328	0.000
Error	2.275	160	0.142		

## SUCRE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON H

Variables	Levels
ORGANES (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable	SUCRE
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANES	15930.074	3	5310.025	12235.906	0.000
Error	6.944	16	0.434		

## PROLINE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON E

Effects coding used for categorical variables in model.  
The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable	PROLINE
N	20
Multiple R	0.997
Squared Multiple R	0.994

Analysis of Variance				
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio p-value
ORGANE\$	313.673	3	104.558	885.4270.000
Error	1.889	160	0.118	

## SUCRE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON P

Effects coding used for categorical variables in model.  
The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	FaFjRhT

Dependent Variable	SUCRE
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANE\$	9337.223	3	3112.408	19690.096	0.000
Error	2.529	160	.158		

## PROLINE EN FONCTION DES ORGANE POUR LA SAISON P

Effects coding used for categorical variables in model.  
The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels
ORGANE\$ (4 levels)	Fa Fj Rh T

Dependent Variable	PROLINE
N	20
Multiple R	1.000
Squared Multiple R	1.000

Analysis of Variance					
Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
ORGANE\$	1835.146	3	611.715	17754.486	0.000
Error	0.551	160	0.034		

## CORRELATION SUCRE PROLINE A

▼ Correlation: Pearson

Number of Observations: 20

Pearson Correlation Matrix		SUCRE	PROLINE
SUCRE	1.000		
PROLINE	0.858	1.000	

Tableau ANOVA

			Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F
Al (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	5,9751	9,0000	0,6639	
	Intra-classe		2,6033	15,0000	0,1736	
	Total		8,5784	24,0000		
Ba (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	0,6321	9,0000	0,0702	
	Intra-classe		0,7383	15,0000	0,0492	
	Total		1,3704	24,0000		
Ca (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	3303,0271	9,0000	367,0030	
	Intra-classe		6476,3433	15,0000	431,7562	
	Total		9779,3704	24,0000		
Fe (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	14,7093	9,0000	1,6344	
	Intra-classe		8,8283	15,0000	0,5886	
	Total		23,5376	24,0000		
K (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	16163,5284	9,0000	1795,9476	
	Intra-classe		8252,7500	15,0000	550,1833	
	Total		24416,2784	24,0000		
Mg (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	337,7151	9,0000	37,5239	
	Intra-classe		126,2833	15,0000	8,4189	
	Total		463,9984	24,0000		
Mn (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	326,3817	9,0000	36,2646	
	Intra-classe		61,1983	15,0000	4,0799	
	Total		387,5800	24,0000		
Na (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	8696,2907	9,0000	966,2545	
	Intra-classe		1175,9917	15,0000	78,3994	
	Total		9872,2824	24,0000		
Ni (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	0,0744	9,0000	0,0083	
	Intra-classe		0,0200	15,0000	0,0013	
	Total		0,0944	24,0000		
Si (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	58,6737	9,0000	6,5193	
	Intra-classe		30,4167	15,0000	2,0278	
	Total		89,0904	24,0000		
Sr (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	0,1133	9,0000	0,0126	
	Intra-classe		0,0267	15,0000	0,0018	
	Total		0,1400	24,0000		
Zn (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter-groupes	Combiné	0,9636	9,0000	0,1071	
	Intra-classe		0,2100	15,0000	0,0140	
	Total		1,1736	24,0000		

## Annexe 06 : Résultats des analyses statistiques des éléments minéraux

Tableau de bord

ECHANTILLON	Al (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)
1 Moyenne	1,30	0,33	38,50	1,57
N	3,00	3,00	3,00	3,00
Ecart-type	0,36	0,32	7,46	0,51
Erreur standard de la moyenne	0,21	0,19	4,31	0,30
2 Moyenne	0,70	0,35	26,20	0,75
N	2,00	2,00	2,00	2,00
Ecart-type	0,00	0,35	3,25	0,07
Erreur standard de la moyenne	0,00	0,25	2,30	0,05
3 Moyenne	1,10	0,60	58,77	3,00
N	3,00	3,00	3,00	3,00
Ecart-type	1,00	0,40	50,15	1,39
Erreur standard de la moyenne	0,58	0,23	28,96	0,80
4 Moyenne	1,10	0,40	55,73	1,23
N	3,00	3,00	3,00	3,00
Ecart-type	0,10	0,20	4,14	0,06
Erreur standard de la moyenne	0,06	0,12	2,39	0,03
5 Moyenne	1,40	0,13	70,20	2,23
N	3,00	3,00	3,00	3,00
Ecart-type	0,30	0,06	16,78	0,70
Erreur standard de la moyenne	0,17	0,03	9,69	0,41
6 Moyenne	0,75	0,20	42,05	0,85
N	2,00	2,00	2,00	2,00
Ecart-type	0,21	0,00	11,24	0,35
Erreur standard de la moyenne	0,15	0,00	7,95	0,25
7 Moyenne	0,77	0,20	54,50	0,47
N	3,00	3,00	3,00	3,00
Ecart-type	0,21	0,00	1,71	0,15
Erreur standard de la moyenne	0,12	0,00	0,98	0,09
8 Moyenne	2,10	0,20	49,20	0,70
N	1,00	1,00	1,00	1,00
Ecart-type	,	,	,	,
Erreur standard de la moyenne	,	,	,	,
9 Moyenne	0,13	0,10	51,90	1,23
N	3,00	3,00	3,00	3,00
Ecart-type	0,06	0,00	14,00	1,04
Erreur standard de la moyenne	0,03	0,00	8,08	0,60
10 Moyenne	0,15	0,10	56,15	1,75
N	2,00	2,00	2,00	2,00
Ecart-type	0,07	0,00	14,21	1,06
Erreur standard de la moyenne	0,05	0,00	10,05	0,75
Total Moyenne	0,91	0,27	51,47	1,46
N	25,00	25,00	25,00	25,00



31,90	4,40	4,02	20,28	0,06	1,93	0,08	0,22
6,38	0,88	0,80	4,06	0,01	0,39	0,02	0,04

**Corrélations**

	Al (g/l)	Ba (g/l)	Ca (g/l)	Fe (g/l)	K (g/l)	Mg (g/l)	Mn (g/l)	Na (g/l)	Ni (g/l)	Si (g/l)	Sr (g/l)	Zn (g/l)
Al (g/l) Corrélacion de Pearson	1,000	,355	,333	,053	,017	,485*	,802**	,485*	,193	-,143	,349	,048
Sig. (bilatérale)		,082	,104	,800	,936	,014	,000	,014	,355	,494	,088	,819
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Ba (g/l) Corrélacion de Pearson	,355	1,000	,304	,066	-,147	,293	,148	,409*	,313	,244	,452*	,133
Sig. (bilatérale)	,082		,140	,754	,483	,155	,482	,042	,128	,239	,023	,526
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Ca (g/l) Corrélacion de Pearson	,333	,304	1,000	,128	,526**	,332	-,140	-,081	,251	,204	,012	-,247
Sig. (bilatérale)	,104	,140		,541	,007	,105	,504	,699	,226	,327	,953	,235
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Fe (g/l) Corrélacion de Pearson	,053	,066	,128	1,000	,234	,172	-,022	,024	,757**	,644**	,075	,096
Sig. (bilatérale)	,800	,754	,541		,260	,411	,917	,911	,000	,001	,722	,647
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
K (g/l) Corrélacion de Pearson	,017	-,147	,526**	,234	1,000	,011	-,048	-,111	,108	,206	,030	-,258
Sig. (bilatérale)	,936	,483	,007	,260		,957	,818	,599	,607	,324	,888	,212
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Mg (g/l) Corrélacion de Pearson	,485*	,293	,332	,172	,011	1,000	,420*	,522**	,132	,191	,421*	,431*
Sig. (bilatérale)	,014	,155	,105	,411	,957		,037	,007	,529	,360	,036	,031
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Mn (g/l) Corrélacion de Pearson	,802**	,148	-,140	-,022	-,048	,420*	1,000	,703**	-,010	-,303	,418*	,245
Sig. (bilatérale)	,000	,482	,504	,917	,818	,037		,000	,962	,141	,038	,237
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Na (g/l) Corrélacion de Pearson	,485*	,409*	-,081	,024	-,111	,522**	,703**	1,000	,107	,055	,549**	,567**
Sig. (bilatérale)	,014	,042	,699	,911	,599	,007	,000		,612	,795	,005	,003
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Ni (g/l) Corrélacion de Pearson	,193	,313	,251	,757**	,108	,132	-,010	,107	1,000	,401*	,070	,038
Sig. (bilatérale)	,355	,128	,226	,000	,607	,529	,962	,612		,047	,741	,855
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Si (g/l) Corrélacion de Pearson	-,143	,244	,204	,644**	,206	,191	-,303	,055	,401*	1,000	,087	,294
Sig. (bilatérale)	,494	,239	,327	,001	,324	,360	,141	,795	,047		,678	,153
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Sr (g/l) Corrélacion de Pearson	,349	,452*	,012	,075	,030	,421*	,418*	,549**	,070	,087	1,000	-,084
Sig. (bilatérale)	,088	,023	,953	,722	,888	,036	,038	,005	,741	,678		,690
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn (g/l) Corrélacion de Pearson	,048	,133	-,247	,096	-,258	,431*	,245	,567**	,038	,294	-,084	1,000
Sig. (bilatérale)	,819	,526	,235	,647	,212	,031	,237	,003	,855	,153	,690	
N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

\*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

\*\* La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

Corrélations

		Al (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)
Al (mg/kg)	Corrélation de Pearson	1,000	0,355	0,333	0,053
	Sig. (bilatérale)		0,082	0,104	0,800
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Ba (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,355	1,000	0,304	0,066
	Sig. (bilatérale)	0,082		0,140	0,754
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Ca (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,333	0,304	1,000	0,128
	Sig. (bilatérale)	0,104	0,140		0,541
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Fe (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,053	0,066	0,128	1,000
	Sig. (bilatérale)	0,800	0,754	0,541	
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
K (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,017	-0,147	0,526	0,234
	Sig. (bilatérale)	0,936	0,483	0,007	0,260
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Mg (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,485	0,293	0,332	0,172
	Sig. (bilatérale)	0,014	0,155	0,105	0,411
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Mn (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,802	0,148	-0,140	-0,022
	Sig. (bilatérale)	0,000	0,482	0,504	0,917
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Na (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,485	0,409	-0,081	0,024
	Sig. (bilatérale)	0,014	0,042	0,699	0,911
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Ni (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,193	0,313	0,251	0,757
	Sig. (bilatérale)	0,356	0,128	0,226	0,000
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Si (mg/kg)	Corrélation de Pearson	-0,143	0,244	0,204	0,644
	Sig. (bilatérale)	0,494	0,239	0,327	0,001
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Sr (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,349	0,452	0,012	0,075
	Sig. (bilatérale)	0,088	0,023	0,953	0,722
	N	25,000	25,000	25,000	25,000
Zn (mg/kg)	Corrélation de Pearson	0,048	0,133	-0,247	0,096
	Sig. (bilatérale)	0,819	0,526	0,235	0,647
	N	25,000	25,000	25,000	25,000



Tableau ANOVA

			Somme des carrés	df	Moyenne des carrés	F
Al (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	5,9751	9,0000	0,6639	
	Intra-classe		2,6033	15,0000	0,1736	
	Total		8,5784	24,0000		
Ba (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	0,6321	9,0000	0,0702	
	Intra-classe		0,7383	15,0000	0,0492	
	Total		1,3704	24,0000		
Ca (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	3303,0271	9,0000	367,0030	
	Intra-classe		6476,3433	15,0000	431,7562	
	Total		9779,3704	24,0000		
Fe (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	14,7093	9,0000	1,6344	
	Intra-classe		8,8283	15,0000	0,5886	
	Total		23,5376	24,0000		
K (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	16163,5284	9,0000	1795,9476	
	Intra-classe		8252,7500	15,0000	550,1833	
	Total		24416,2784	24,0000		
Mg (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	337,7151	9,0000	37,5239	
	Intra-classe		126,2833	15,0000	8,4189	
	Total		463,9984	24,0000		
Mn (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	326,3817	9,0000	36,2646	
	Intra-classe		61,1983	15,0000	4,0799	
	Total		387,5800	24,0000		
Na (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	8696,2907	9,0000	966,2545	
	Intra-classe		1175,9917	15,0000	78,3994	
	Total		9872,2824	24,0000		
Ni (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	0,0744	9,0000	0,0083	
	Intra-classe		0,0200	15,0000	0,0013	
	Total		0,0944	24,0000		
Si (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	58,6737	9,0000	6,5193	
	Intra-classe		30,4167	15,0000	2,0278	
	Total		89,0904	24,0000		
Sr (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	0,1133	9,0000	0,0126	
	Intra-classe		0,0267	15,0000	0,0018	
	Total		0,1400	24,0000		
Zn (mg/kg) * ECHANTILLON	Inter- groupes	Combiné	0,9636	9,0000	0,1071	
	Intra-classe		0,2100	15,0000	0,0140	

Total

1,1736

24,0000

- \* La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).
- \*\* La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

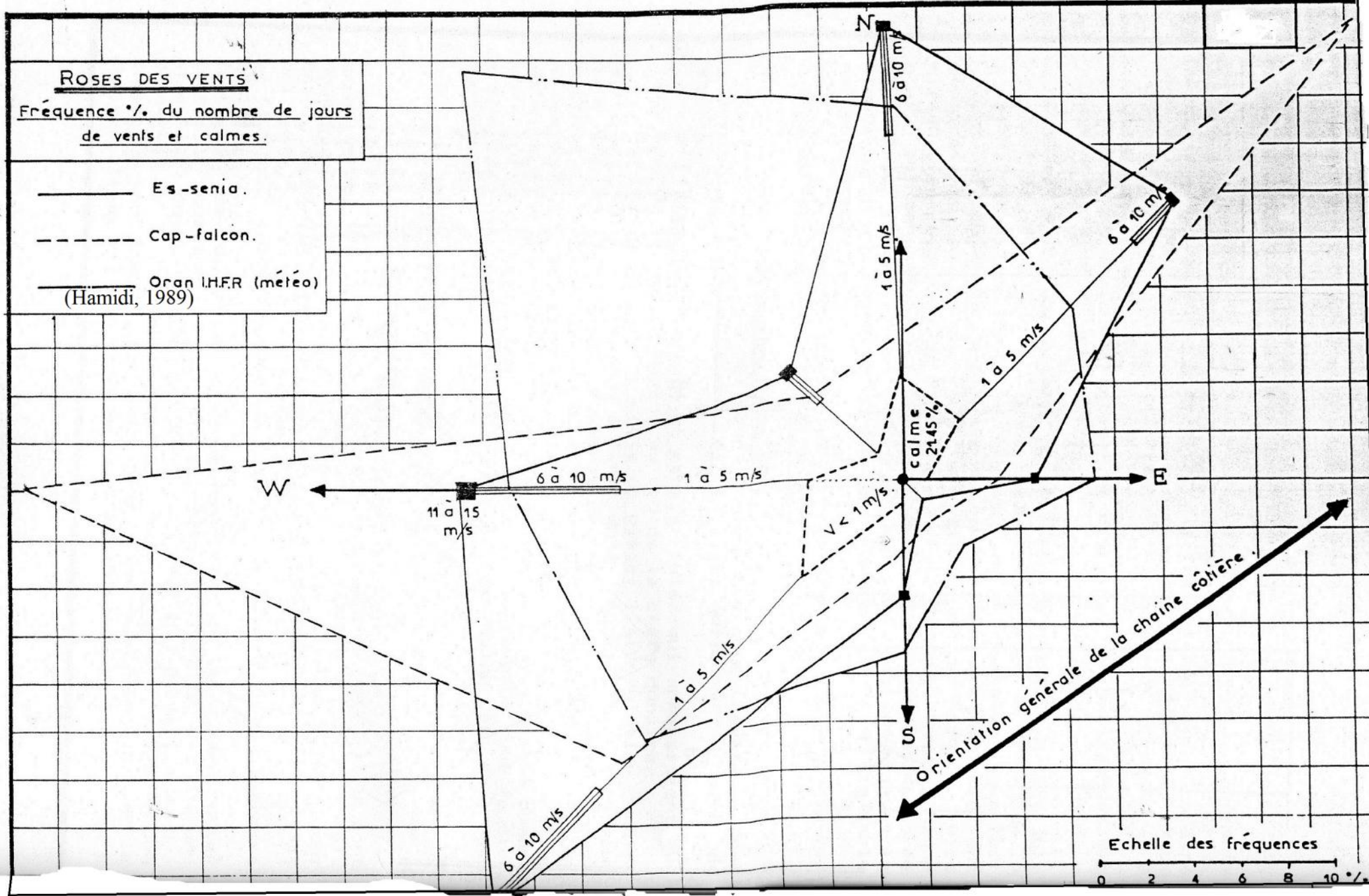
**ROSES DES VENTS**

Fréquence % du nombre de jours de vents et calmes.

— Es-senia.

- - - Cap-falcon.

Oran I.H.F.R (météo)  
(Hamidi, 1989)



This article was downloaded by: [41.201.82.117]

On: 15 June 2012, At: 02:46

Publisher: Taylor & Francis

Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



## Acta Botanica Gallica

Publication details, including instructions for authors and subscription information:  
<http://www.tandfonline.com/loi/tabg20>

### Variation saisonnière de la teneur en proline et en sucres solubles chez l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) provenant du milieu naturel de la côte ouest de l'Algérie

Charaf Mouri<sup>a</sup>, Hachemi Benhassaini<sup>a</sup>, Fatima Zohra Bendimered<sup>a</sup> & Moulay Belkhodja<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Laboratoire de biodiversité végétale: valorisation et conservation, Faculté des sciences, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie

<sup>b</sup> Laboratoire de physiologie végétale, Faculté des sciences, Université d'Oran Es-Senia, 31000, Algérie

Available online: 30 May 2012

To cite this article: Charaf Mouri, Hachemi Benhassaini, Fatima Zohra Bendimered & Moulay Belkhodja (2012): Variation saisonnière de la teneur en proline et en sucres solubles chez l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) provenant du milieu naturel de la côte ouest de l'Algérie, *Acta Botanica Gallica*, 159:1, 127-135

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/12538078.2012.673822>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use: <http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae, and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand, or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.



Société botanique de France

## Variation saisonnière de la teneur en proline et en sucres solubles chez l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) provenant du milieu naturel de la côte ouest de l'Algérie

### Seasonal variation of the content in proline and soluble sugars in oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) growing in natural conditions of the Algerian western coast

Charaf Mouri<sup>a\*</sup>, Hachemi Benhassaini<sup>a</sup>, Fatima Zohra Bendimered<sup>a</sup> et Moulay Belkhodja<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire de biodiversité végétale: valorisation et conservation, Faculté des sciences, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbès, 22000, Algérie; <sup>b</sup>Laboratoire de physiologie végétale, Faculté des sciences, Université d'Oran Es-Senia, 31000, Algérie

**Résumé:** La présente étude montre la variation saisonnière des teneurs en substances qualifiées de stress des principaux organes végétatifs (feuilles, tiges et rhizome) de l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) poussant en conditions naturelles sur la côte ouest de l'Algérie. Ces substances sont la proline et les sucres solubles qui sont généralement libérés et stockés dans les cellules des organes végétatifs des plantes supérieures en réponse aux différentes contraintes environnementales. Les résultats montrent d'une part que les teneurs respectives en proline et en sucres solubles sont relativement élevées comparativement à celles d'espèces glycophiles et halophiles étudiées, d'autre part ces substances ont tendance à s'accumuler dans la partie aérienne plutôt que dans la partie souterraine (rhizome), dans les organes les plus âgés et pendant les saisons les plus sèches et les plus chaudes, les sites de stockage seraient les feuilles les plus âgées, les rhizomes sont les organes les moins riches en ces substances.

**Mots clefs:** variation saisonnière; organes végétatifs; *Ammophila arenaria*; proline; sucres solubles

**Abstract:** The present study brings to the seasonal variation of the contents in qualified substances of the stress of the principal vegetative organs (leaves, stems and rhizomes) of oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) growing in natural conditions in the Algerian western coast. These substances are the proline and soluble sugars which are generally freed and stocked in the cells of the vegetative organs of superior plants in response to various environmental constraints. The results show on one side that the respective contents in proline and soluble sugars are relatively high compared to the ones of glycophiles and halophiles species already studied and, on the other side, that substances are quantitatively better represented in the aerial part than in the underground part (rhizome), in older organs and during the driest and the hottest seasons, the stocking and resistance sites would be the older leaves, the rhizomes are the organs the least rich in these substances.

**Keywords:** seasonal variation; vegetative organs; *Ammophila arenaria*; proline; soluble sugars

#### Introduction

Le substrat sableux de la partie continentale du littoral marin n'est pas un milieu idéal pour un bon développement des végétaux qui doivent développer des stratégies spécifiques de survie pour palier les nombreuses contraintes qu'elles affrontent. Les plus importantes de ces contraintes sont la pauvreté en apports nutritifs, la mobilité du sable qui les menace en permanence de déchaussement ou d'ensevelissement, le manque d'eau en surface et en profondeur car le sable est extrêmement poreux, perméable et filtrant, ainsi que les vents fréquents très souvent violents et chargés d'embruns salés. Les milieux littoraux subissent donc de plein fouet l'action des vents chargés d'humidité et d'embruns salés, le mitraillage par le sable, la déflation, le dessèchement

du substrat, la perte des nutriments par lessivage et la chaleur solaire. Ces différents facteurs sont ainsi des paramètres de stress qui s'imposent en permanence aux composantes biocénétiques de ce type de milieu.

Bien que les effets des stress dépendent du stade de développement des plantes, des conditions climatiques et édaphiques, plusieurs caractères physiologiques et biochimiques se manifestent chez les plantes et sont directement corrélés à la tolérance à ces stress (Rathert, 1984; Zid and Grignon, 1991; Belkhodja, 2000; Hernandez *et al.*, 2000). Pour leur survie, les espèces qui poussent dans ces conditions extrêmes et précaires présentent un arsenal particulier d'adaptations qu'il est fondamental de comprendre dans le but de leur valorisation. L'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link), variété arundinacea (Host) (Quezel & Santa,

\*Corresponding author. Email: fzmouri@yahoo.fr

1963), objet de notre travail, compte parmi les rares espèces vivaces les plus caractéristiques de ce type de milieu et les mieux adaptées à ces différents facteurs contraignants, elle développe dans ces conditions extrêmes une stratégie offensive rare chez la plupart des autres plantes et évoquée par un certain nombre d'auteurs dont Kühnholtz Lordat (1928, *in* Leclerc, 1985).

Graminée vivace strictement psammophile poussant sous forme de touffes, l'oyat peut atteindre une hauteur de 1,50 m et se reproduit particulièrement par voie végétative à travers des bourgeons se formant le long d'un rhizome traçant de plusieurs mètres de longueur qui suit la déclinaison de la dune.

La plupart des travaux de recherche effectués de par le monde portent essentiellement sur les aspects phytoécologiques et écophysologiques qui convergent tous vers la voie de la résolution de ce que les chercheurs qualifient de « problème *Ammophila* » (Maun & Baye, 1989) et pratiquement aucun travail n'est consacré à sa valorisation biochimique. Largement représentée en Algérie le long de la frange littorale méditerranéenne continentale, cette espèce montre une très grande adaptation à son milieu, elle se développe avec une vigueur sans égal dans les dunes en cours de formation (Aimé & Penven, 1982; Bendimered, 1997), c'est une espèce pionnière des dunes vives proliférant là où aucune autre espèce ne peut survivre dans les mêmes conditions.

Pour valoriser un des aspects de forte adaptation de cette espèce aux pressions environnementales, nous nous sommes intéressés à l'étude de deux substances largement reconnues comme substances de stress, à savoir la proline et les sucres solubles. Le présent travail consiste en la détermination quantitative et la variation saisonnière de ces deux substances accumulées dans la partie aérienne et rhizomateuse de l'oyat en conditions naturelles.

De nombreux auteurs admettent depuis environ deux décennies que l'accumulation des sucres et de la proline est une réponse métabolique commune aux plantes exposées à des contraintes de l'environnement (Weimberg *et al.*, 1986; Wang & Stuttle, 1992; Taylor, 1996). En effet dans les milieux salés, les plantes s'adaptent métaboliquement en accumulant dans le cytoplasme des composés azotés quaternaires tels que la proline (Smirnoff & Stewart, 1985; Goldhirs *et al.*, 1990; Belkhodja, 1996, 2000) pour exercer un ajustement osmotique dans les cellules (Goldhirs *et al.*, 1990; Ottow *et al.*, 2005.).

## Matériel biologique et méthodes d'étude

### Matériel biologique

Les prélèvements sont effectués sur des touffes d'oyat poussant dans les conditions naturelles durant les quatre saisons de l'année 2008. Le site de prélèvement des échantillons choisi est une dune du cordon de Cap Falcon du littoral de la wilaya d'Oran, à l'ouest de

l'Algérie, (Fig. 1). Dans ce site, les dunes sont en voie de remobilisation marquée par une extension importante de l'oyat avec de nombreuses jeunes pousses qui proviennent de quelques touffes plus âgées. Ce site fait partie d'une région caractérisée par un bioclimat semi-aride à hiver doux subissant une longue saison sèche et chaude de cinq mois en moyenne: de mai à septembre, il est exposé à des vents souvent violents de secteur ouest et chargés d'embruns salés (Bendimered, 1997; Bendimered *et al.*, 2007). Les taux de sels dans l'atmosphère et à la surface des végétaux et des sols sont très élevés et l'effet est accentué en période sèche.

## Méthodes d'étude

### Préparation des échantillons de la plante

La plante entière est soigneusement prélevée. La partie aérienne (tiges et feuilles) est séparée de la partie souterraine (rhizomes), les racines n'étant pas considérées dans cette étude (elles feront l'objet d'une autre). Les feuilles qualifiées de «âgées» sont celles du troisième rang ayant achevé leur croissance et atteint le maximum de leur longueur dont la valeur se situe entre 50 et 60 cm, tandis que les feuilles jeunes sont celles du même rang que les feuilles âgées mais en pleine croissance et présentent une longueur égale à la moitié de celle de ces dernières (de 20 à 30 cm) (Fig. 2). Chaque organe est lavé délicatement pour supprimer les poussières et les impuretés, égoutté puis pesé.

### Extraction et dosage de la proline

L'extraction de la proline s'est faite à l'éthanol selon la méthode de l'AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1955) modifiée par Nguyen & Paquin (1971) utilisant successivement de l'éthanol 95%, de l'éthanol 70% et du chloroforme à froid.

La proline est dosée selon la méthode colorimétrique de Bergman & Loxley (1970) utilisant les solutions respectives de NaCl 5M, de tampon phosphate et de ninhydrine. La densité optique est lue, sur un spectrophotomètre à absorption moléculaire, à une longueur d'onde de 505 nm.

Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de matière végétale en référence à une courbe-étalon obtenue à partir de solutions pures de proline à concentrations croissantes préparées dans les mêmes conditions que les solutions à doser.

### Extraction et dosage des sucres solubles

La méthode au phénol de Dubois *et al.* (1956) est utilisée pour l'extraction et le dosage des sucres après un traitement à l'éthanol à 80% et une solubilisation à l'eau distillée. Le dosage colorimétrique se fait par addition

respective de solutions de phénol 5% et d'acide sulfurique concentré. Les lectures de l'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 485 nm.

Les résultats des concentrations en sucres solubles sont déduits à partir d'une courbe-étalon de solutions de glucose à différentes concentrations préparées dans les mêmes conditions que les échantillons et exprimés en  $\mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de matière végétale.

### Traitement des données

Les résultats sont traités statistiquement par l'analyse des séries appariées du test de Student à une probabilité de 5% pour tous les échantillons, pour les quatre saisons, avec cinq répétitions pour chaque échantillon en utilisant le logiciel StatView pour la comparaison des résultats et du logiciel Stat.12 pour déterminer la corrélation entre les deux substances de stress étudiées en fonction des saisons et de l'âge de la plante.

D'autre part un dendrogramme interprétatif de la matrice de Pearson est établi dans un but de récapitulation de tous les résultats obtenus et l'analyse est effectuée à partir de l'indice de Pearson qui permet d'établir le degré de ressemblance entre les organes par rapport aux concentrations des deux substances de stress étudiées pendant les quatre saisons.

### Résultats et discussion

#### Résultats

##### Variation des teneurs en proline et en sucres solubles dans différents organes pour la même saison

En été, la quantité de proline est la plus élevée au niveau des feuilles âgées ( $62,3 \pm 0,277 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de matière végétale MV); ces valeurs diminuent depuis les feuilles jeunes jusqu'aux rhizomes en passant par les chaumes avec des valeurs respectives de  $48,6 \pm 0,443$ ,  $40,5 \pm 0,353$  et  $28,4 \pm 0,412 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV (Fig. 3). L'accumulation des sucres solubles avec de fortes teneurs est constatée au niveau des feuilles les plus âgées ( $179,1 \pm 0,420 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV) et ces valeurs diminuent progressivement des feuilles jeunes vers le rhizome en passant aussi par les chaumes ( $131,3 \pm 0,299$ ,  $98,1 \pm 0,611$  et  $46,2 \pm 0,422 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV (Fig. 4).

En automne, le taux de proline le plus élevé est enregistré dans les feuilles âgées avec une valeur moyenne de  $68,1 \pm 0,499 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV suivies par celui des tiges dont la valeur moyenne est  $45,5 \pm 0,480 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV. Dans les feuilles jeunes la valeur moyenne est de  $47,4 \pm 0,459 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV et celle des rhizomes est la plus faible avec  $23,6 \pm 0,947 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV (Fig. 3). Concernant les sucres solubles, les plus fortes valeurs sont enregistrées également dans les feuilles âgées suivies de celles des feuilles jeunes puis des tiges et les

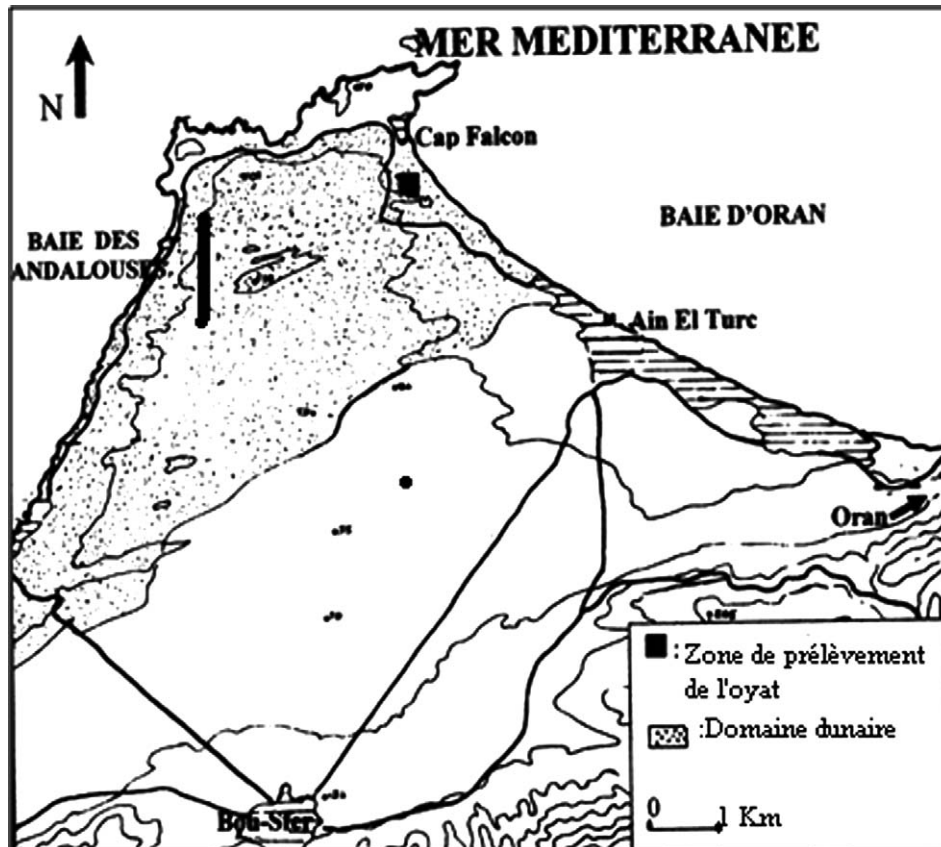


Fig. 1. Situation géographique de la zone de prélèvement des échantillons d'organes de *Ammophila arenaria*.  
Fig. 1. The geographical situation of the area of *Ammophila arenaria* organs samples collections.

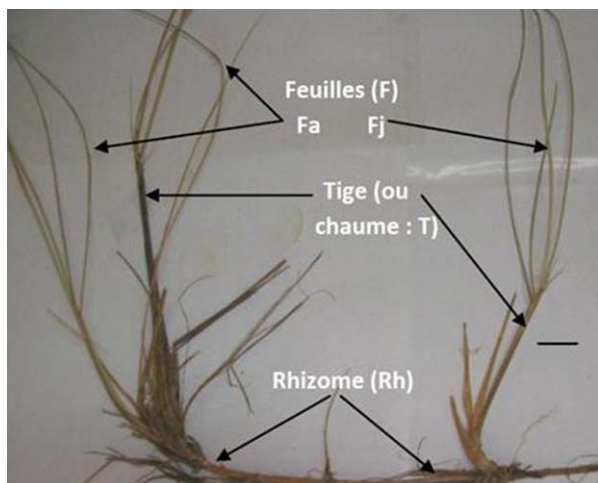


Fig. 2. Organes de *Ammophila arenaria* utilisés pour les dosages de la proline et des sucres solubles (le trait d'échelle représente 3 cm). Fa: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: Tiges, Rh: rhizomes.

Fig. 2. *Ammophila arenaria* organs used for the assay of the proline and soluble sugars (the scale feature represents 3 cm). F: leaves, Fa: old leaves, Fj: young leaves, T: stems, Rh: rhizome.

plus faibles dans les rhizomes avec des valeurs moyennes respectives de  $234,7 \pm 2,943 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ,  $101,7 \pm 1,445 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ,  $94,7 \pm 1,160 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  et  $84,3 \pm 0,511 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV (Fig. 4).

La concentration de la proline au printemps est moins importante que celle enregistrée en automne et en été mais elle est toujours plus importante au niveau des feuilles âgées ( $25,2 \pm 0,280 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et la diminution de la quantité de cet acide aminé est très marquée à partir des feuilles jeunes jusqu'au rhizome, les valeurs trouvées au niveau des feuilles jeunes, de la tige et du rhizome sont presque six fois moins importantes que celle des feuilles âgées et sont respectivement:  $4,1 \pm$

$0,072$ ,  $3,3 \pm 0,233$  et  $2,1 \pm 0,013 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV (Fig. 3). Aussi, les valeurs des concentrations en sucres solubles les plus basses ont été obtenues durant la période printanière avec une valeur toujours plus élevée dans la feuille âgée ( $80,7 \pm 0,277 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV). La diminution des concentrations est remarquable au niveau de tous les autres organes étudiés. Celles obtenues au niveau des rhizomes ( $25,1 \pm 0,630 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV) sont trois fois moins importantes que celles trouvées au niveau des feuilles âgées, et moins de la moitié de la valeur moyenne trouvée dans le chaume ( $56 \pm 0,374 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV) (Fig. 4).

L'hiver est la saison des plus basses concentrations en proline au niveau de tous les organes, de la feuille âgée ( $12,5 \pm 0,354 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) aux rhizomes ( $1,4 \pm 0,226 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) (Fig. 3). Les valeurs sont toujours plus importantes au niveau des feuilles âgées, deux fois plus élevées que celles des jeunes feuilles ( $5,8 \pm 0,461 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et des tiges ( $7,5 \pm 0,288 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV). La plus grande accumulation en sucres solubles est également observée au niveau des feuilles âgées ( $133,6 \pm 0,927 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV), la concentration diminue dans les feuilles jeunes ( $80,9 \pm 0,460 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et dans les tiges ( $72,3 \pm 0,661 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) jusqu'à ce qu'elle atteigne moins du tiers de la valeur au niveau du rhizome ( $59,3 \pm 0,477 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  MV) (Fig. 4).

L'analyse statistique montre des différences significatives entre les valeurs moyennes relatives aux concentrations respectives en proline et en sucres solubles des organes en fonction de chaque saison considérée.

#### Variation des teneurs en proline et en sucres solubles du même organe pendant les quatre saisons

Les feuilles âgées concentrent le maximum de proline en automne ( $68,1 \pm 0,499 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV) contre un

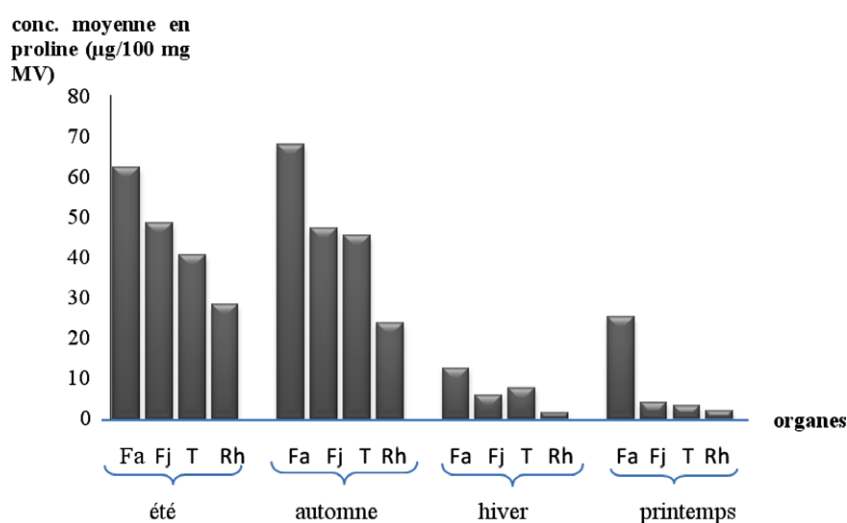


Fig. 3. Variation des teneurs moyennes en proline dans les quatre organes de l'oyat pour chaque saison. Fa: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: Tiges, Rh: rhizomes.

Fig. 3. Variation of the average contents in proline of the oyat four organs for each season. Fa: old leaves, Fj: young leaves, T: stems, Rh: rhizomes.

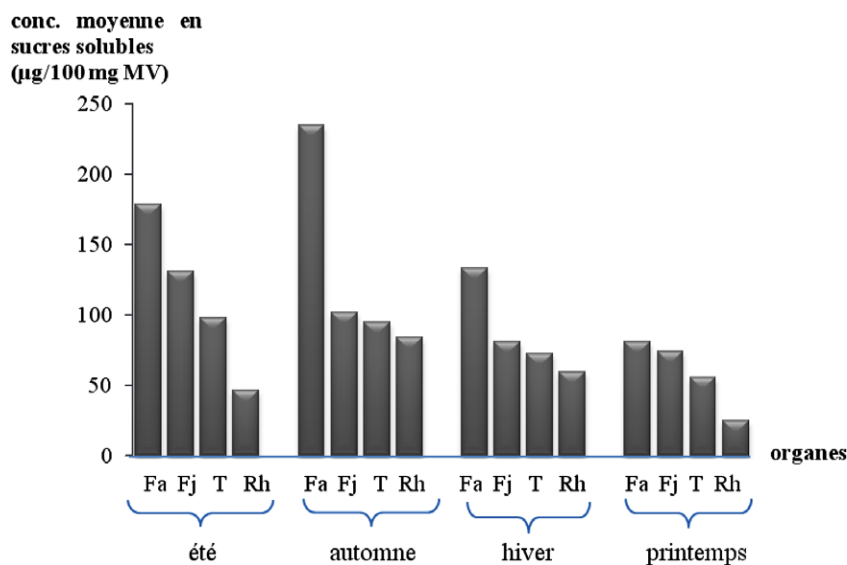


Fig. 4. Variation des teneurs moyennes en sucres solubles dans les quatre organes de l'oyat pour chaque saison. Fa: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: tiges, Rh: rhizomes.

Fig. 4. Variation of the average contents in soluble sugars of the oyat four organs for each season. Fa: old leaves, Fj: young leaves, T: stems, Rh: rhizomes.

minimum enregistré en hiver avec une valeur moyenne de  $12,4 \pm 0,354 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ , elle augmente progressivement au printemps et en été, les valeurs passant du simple au double (Fig. 5). Parallèlement, ces mêmes organes accumulent le maximum de sucres solubles en automne ( $234,7 \pm 2,943 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ), le minimum au printemps ( $80,7 \pm 0,277 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ), les valeurs des moyennes en sucres solubles en été et en hiver avoisinent le double de celles du printemps, tout en restant significativement différentes entre elles:  $179,1 \pm 0,421 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ , contre  $133,6 \pm 0,927 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  (Fig. 6).

Les feuilles jeunes accumulent significativement moins de proline et de sucres solubles que les feuilles âgées pour les quatre saisons, ces valeurs étant les plus

importantes en été ( $48,6 \pm 0,443 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) puis diminuent significativement en automne et atteignent le minimum au printemps ( $4,1 \pm 0,072 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ), (Fig. 5). De même pour les sucres, les mêmes variations sont enregistrées pour les quatre saisons considérées. Le maximum en été ( $131,3 \pm 0,299 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et le minimum au printemps ( $80,7 \pm 0,277 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) (Fig. 6).

Dans les tiges, les concentrations en proline varient dans le sens décroissant depuis l'automne ( $45,5 \pm 0,480 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$  de MV) jusqu'au printemps ( $3,3 \pm 0,233 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ), en passant par l'été ( $40,5 \pm 0,354 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ) et l'hiver ( $7,5 \pm 0,288 \mu\text{g} \cdot 100 \text{ mg}^{-1}$ ), avec des valeurs significativement plus faibles que pour les

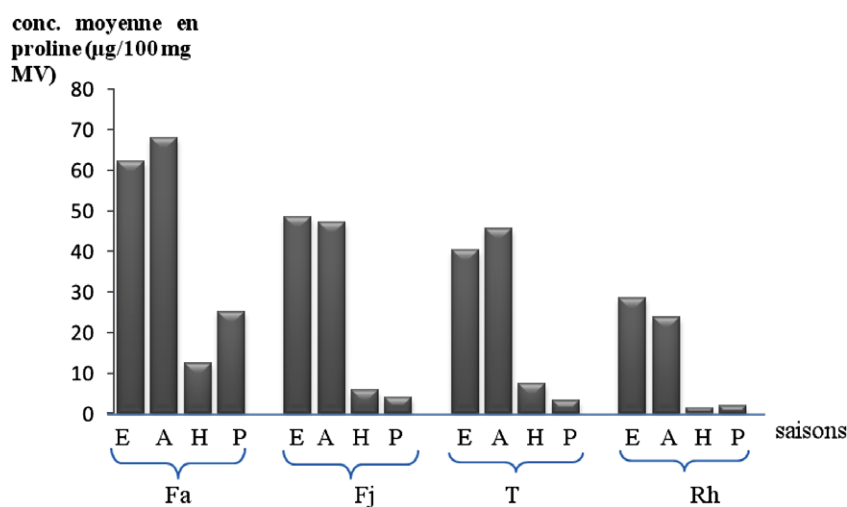


Fig. 5. Variation saisonnière des teneurs moyennes en proline pour chaque organe de l'oyat. E: été, A: automne, H: Hiver, P: printemps, Fa: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: tiges, Rh: rhizomes.

Fig. 5. Seasonal variation of the average contents in proline for each oyat organ. Fa: old leaves, Fj: young leaves, T: stems, Rh: rhizome, A: autumn, H: winter, P: spring, S: summer.

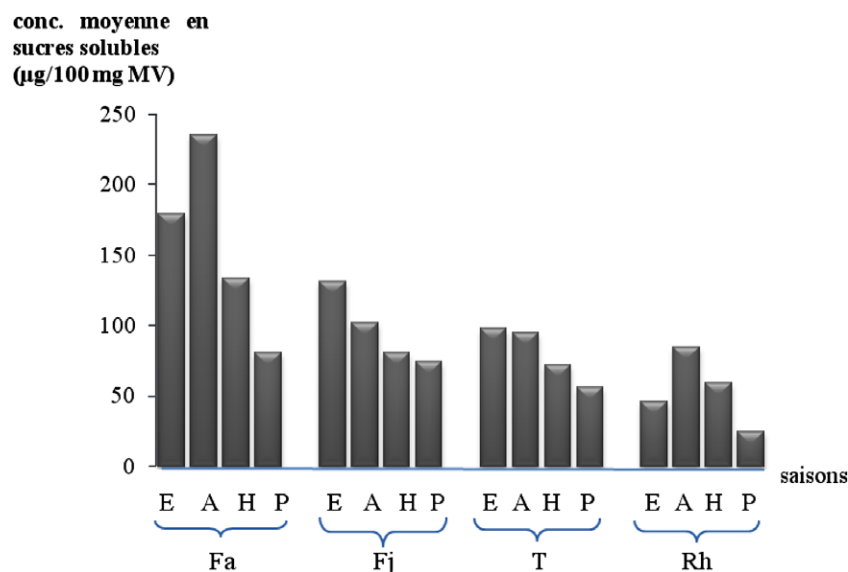


Fig. 6. Variation saisonnière des teneurs moyennes en sucres solubles dans chaque organe de l'oyat. E: été, A: automne, H: hiver, P: printemps, Fa: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: tiges, Rh: rhizomes.

Fig. 6. Seasonal variation of the average contents in soluble sugars for each oyat organ. Fa: old leaves, Fj: young leaves, T: stems, Rh: rhizome, A: autumn, H: winter, P: spring, S: summergr.

feuilles âgées et les feuilles jeunes (Fig. 5) de même que pour les sucres solubles (Fig. 6) tandis que leurs concentrations diminuent significativement depuis l'été ( $98,1 \pm 0,612 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$ ) jusqu'au printemps ( $56 \pm 0,374 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$ ) en passant par l'automne ( $94,7 \pm 1,160 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$ ) puis l'hiver ( $72,3 \pm 0,661 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$ ).

Les rhizomes montrent les valeurs les plus faibles en proline et en sucres solubles pour les quatre saisons par rapport aux autres organes étudiés; pour la proline, elles varient entre  $28,4 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$  de MV en été, valeur maximale, et  $1,4 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$  en hiver, valeur minimale; en automne elle est de  $23,6 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$  et au printemps  $2,0 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$  (Fig. 5) et pour les sucres entre  $84,3 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$ , valeur maximale, et  $25,0 \mu\text{g} \cdot 100 \text{mg}^{-1}$  de MV, valeur minimale (Fig. 6).

L'étude statistique a démontré que le maximum d'accumulation en proline et sucres solubles a été enregistré au niveau de la partie aérienne et de manière notable dans les feuilles âgées et ceci pendant les périodes les plus sèches et chaudes de l'année d'étude, à savoir l'automne et l'été. Ainsi, le dendrogramme récapitulatif des différents résultats obtenus dans cette étude montre l'individualisation de quatre groupes: le paramètre FA (feuilles âgées) se trouve toujours en «out group» par rapport aux autres paramètres (FJ: feuilles jeunes, T: tiges et RH: rhizome) (Fig. 7), c'est-à-dire que les taux en sucres et en proline y sont les plus importants et se démarquent largement par rapport aux autres organes. D'autre part, FJ et T forment un groupe très proche où la distance ne dépasse pas 13. Ce groupe formé recompose avec RH une autre classe très proche par la distance montrant, entre ces derniers groupes, une forte corrélation.

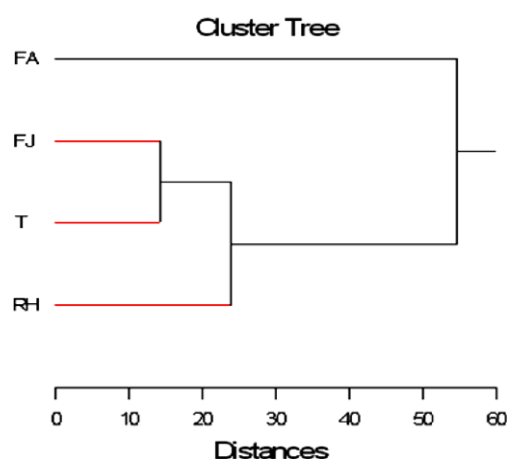


Fig. 7. Dendrogramme interprétatif des matrices des corrélations à partir de l'indice de Pearson des résultats obtenus sur les teneurs en proline et en sucres solubles dosés sur les différents organes de l'oyat aux quatre saisons d'étude. FA: feuilles âgées, Fj: feuilles jeunes, T: tiges, RH: rhizomes.

Fig. 7. Interpretative dendrogram of correlation matrix from Pearson index of the results obtained on the contents in proline and soluble sugars assayed in different oyat organs for the four study seasons. FA: old leaves, Fj: young leaves, T: stems, RH: rhizome. Feuilles Feuilles 2.

## Discussion

Les métabolites de stress, la proline et les sucres solubles, sont accumulés naturellement dans les feuilles d'un certain nombre d'espèces des sables dunaires (Smirnoff & Stewart, 1985). À l'échelle cellulaire, leur accumulation dans le cytosol est accompagnée d'une baisse de la concentration de solutés moins compatibles (les sels) et d'une augmentation du volume d'eau du cytosol assurant

le maintien de l'équilibre osmotique (Patel & Vora, 1985). La proline fonctionnerait comme stabilisateur de membranes par interaction avec les phospholipides car, si la concentration en sels excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons; la glycolyse et le cycle de Krebs sont eux aussi affectés (Guillaume, 2006).

Les sables ont une faible capacité de rétention d'eau, l'accumulation de solutés est donc une réponse adaptative à la sécheresse du substrat. Elle est accentuée durant les deux saisons chaudes et sèches de l'année car les températures sont élevées et les précipitations sont rares, deux variables du climat qui jouent un rôle prépondérant dans la définition des réponses éco-physiologiques des espèces telles *Ammophila arenaria*. En conditions de stress, la plante contrôle son architecture et réduit la croissance foliaire qui est généralement plus importante que la réduction de la photosynthèse, il en résulte un excédent de sucres produits et donc une augmentation de leur teneur dans les feuilles (INRA, 2006). En même temps, exposé à une atmosphère humide et salée, l'oyat subit la salinité plus dans sa partie aérienne que dans sa partie souterraine. La production de ces composés osmoprotecteurs et leur accumulation assure l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole des cellules des feuilles plus que celles des tiges et d'une manière moindre de celles des rhizomes, assure une réserve de carbone et d'azote pour la croissance et la stabilisation des protéines et des membranes (Solomon, 1985) et assure une protection contre les lésions osmotiques (Schaller, 2005).

Par ses teneurs élevées, la proline paraît être l'osmolyte le plus largement distribué sous les conditions de stress dans lesquelles vit notre plante: climatiques (périodes sèches), pédologiques (substrat sableux) et atmosphériques (embruns). Son action serait plus efficace au niveau des feuilles; quand à sa teneur saisonnière, les périodes les plus sèches et les plus chaudes de l'année semblent être plus favorables à l'accumulation de cet acide aminé (été). Au stade âgé de la feuille, la quantité de proline augmente par rapport au stade jeune; cela peut être dû aussi à une plus forte lignification des tissus (Bendimered, 1997). Nos résultats rejoignent ceux d'un certain nombre de travaux tels que ceux effectués sur cinq variétés d'orge qui montrent qu'il y a une relation entre la survie des feuilles et leur teneur en proline (Hassani *et al.*, 2008; Zid & Grignon, 1991). L'accumulation foliaire de la proline est observée chez les plantules de tomate cultivées sous stress hydrique ou salin (Hernandez *et al.*, 2000) et chez *Nicotiana sylvestris* (Dix & Pearce, 1981). Selon Belkhouja & Bidai (2007), l'accumulation de proline augmente significativement avec l'augmentation de la concentration de la salinité chez *Atriplex halimus*, espèce halophile par excellence, et varie en fonction de l'organe, de la nature et de l'intensité du stress (Djerroudi Zidane *et al.*, 2010). Aussi, il a été montré chez *Arabidopsis thaliana* que l'accumulation de la proline observée à la suite d'un traitement salin est la

conséquence d'une régulation fine de son métabolisme (Pare *et al.*, 2007).

L'accumulation de la proline serait provoquée par la synthèse accrue à partir du glutamate et de l'ornithine (Hare & Cress, 1997). En comparant avec la majorité d'autres acides aminés, la synthèse de la proline a un avantage métabolique en tant que produit terminal d'une voie relativement courte et hautement régulée. Sous conditions de stress, le métabolisme des acides aminés est largement altéré et la synthèse des protéines augmente comme une conséquence de ces conditions métaboliques, la synthèse de la proline peut être promue par une augmentation des concentrations des métabolites accompagnée d'une production de précurseurs de proline et peut être la principale cause de l'accumulation de la proline dans les tissus des plantes exposées à des conditions de stress (Silveira *et al.*, 2002). En plus, la biosynthèse de la proline peut être associée à la régulation du pH cytosolique ou la production de NADPH pour la stimulation de la voie des pentoses-phosphates (Lutts *et al.*, 1996).

Aussi, nos résultats montrent que la quantité de proline accumulée chez l'oyat est assez élevée, ce qui laisse penser que cet osmolyte compte parmi les paramètres biochimiques les plus efficaces permettant la résistance de cette plante aux conditions environnementales extrêmes et s'exprimant de manière plus marquée dans les feuilles les plus âgées. Il migrerait depuis les différents organes vers ces feuilles dans un but de protection et d'augmentation de l'efficacité photosynthétique car certains travaux rapportent que la proline serait synthétisée dans les feuilles et transportée vers les sites de résistance aux agressions (Le Saint, 1966; Vezina & Paquin, 1982; La Liberte & Paquin, 1984) et d'autres signalent que la proline migre vers les feuilles et s'y localise sous contrainte saline; tel est le cas pour le sorgho (Weimberg *et al.*, 1986), l'aubergine (Joshi, 1984), le coton (Boutelier, 1996), la vigne (Imamul Huq & Larher, 1984), les fèves (Ait Sadi, 1990; Belkhouja, 1996; Belkhouja & Benkabilia, 2000). Bellinger *et al.* (1989) rapportent que cette accumulation ne représente pas un indicateur de la sensibilité de la plante aux stress mais un indicateur de l'acquisition de la tolérance aux agressions.

Les résultats des dosages des sucres solubles nous ont permis également de noter des valeurs élevées au niveau des différents organes étudiés comparativement à ceux d'autres espèces étudiées en situation de stress hydrique ou salin, avec une variation de la teneur en fonction de l'âge de la plante pendant les quatre saisons de l'année. Les saisons les plus sèches et chaudes et l'âge de la plante conditionneraient l'accumulation de ces carbohydrates. *Ammophila arenaria* est caractérisée par de fortes capacités d'ajustement osmotique conditionnées par l'accumulation de quantités élevées en sucres solubles qui est sans doute responsable de sa stratégie. Les teneurs en sucres solubles des feuilles, notamment les plus âgées, sont en effet indicatrices du degré de résistance de l'espèce à la salinité: plus la plante accumule de carbo-hydrates, plus elle est résistante (Rathert,

1984). L'accumulation accrue des sucres participerait au maintien de l'hydratation des feuilles et l'amplitude accrue serait alors un caractère important du renforcement apparent de la tolérance (Alarcon *et al.*, 1994). La teneur élevée des hexoses, essentiellement au niveau des feuilles âgées, pourrait témoigner soit d'une limitation de leur utilisation suite à l'arrêt de croissance (Lawlor, 2002), soit d'une force d'appel importante et leur hydrolyse par des enzymes présentes dans ces organes.

La diminution des teneurs en sucres dans les feuilles pendant la période de récupération (hiver) semble rejoindre l'hypothèse émise sur leur réutilisation par la plante, contribuant à la reprise de la croissance. Les sucres solubles participent à l'établissement des relations entre organes sources et organes puits, dépendant de l'âge et du degré d'organisation des tissus. Les différences observées entre les quantités des sucres soulèvent la question de l'importance des processus métaboliques impliqués dans la synthèse, la dégradation, le transport et le stockage des sucres et leur dérégulation en cas de stress environnemental; l'importance quantitative des sucres suggère aussi leur implication dans le processus d'endurcissement des plantes (Aminata Ould El Hadj, 2001). Des études menées sur de très nombreuses plantes naturelles et cultivées soumises à différents stress hydriques et salins telles que celles de Adda *et al.* (2005) effectuées sur le blé et Ardnt *et al.* (2007) sur *Zizyphus rotundifolia* ont révélé des accumulations plus ou moins importantes de carbohydrates en réponse à différents degrés de stress et que l'ajustement osmotique s'explique principalement par une importante accumulation des sucres au niveau des différents organes. Ces teneurs pourraient être attribuées aux besoins accentués en carbohydrates et en composés azotés dont la proline, qui représente l'un des composés les plus facilement mobilisables (Zerrad *et al.*, 2008).

Les résultats des corrélations établies dans la présente étude pourraient contribuer à faire ressortir la relation existant entre le métabolisme azoté et le métabolisme carboné déjà évoqué par un certain nombre de travaux. Ainsi, la faible synthèse de la proline pourrait être attribuée à une faible activité de la nitrate réductase foliaire due à la présence de NaCl dans le milieu, Aslam *et al.* (1984) ont montré que le chlorure de sodium affecte l'activité nitrate réductase *in vitro* et *in vivo* et sa diminution pourrait être aussi expliquée par une forte synthèse glucidique, la proline étant un acide aminé gluconéoformateur selon Zerrad *et al.* (2008) et, parallèlement, le catabolisme des glucides dans les feuilles fournit à la plante les composés cétoniques essentiels à la synthèse des composés azotés (Laouar, 1977; Schaffer *et al.*, 1999).

## Conclusion

L'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link) est une espèce du littoral halophile, xérophile et psammophile montrant de grandes performances d'adaptabilité aux conditions extrêmes de son milieu tant sur le plan morphologique qu'anatomique et biochimique et offrirait de larges possibilités de

valorisation et d'exploitation dans le domaine de la biologie appliquée, et plus précisément en biologie moléculaire, qui devraient permettre d'établir des relations entre les variabilités génotypiques et phénotypiques d'adaptation et de résistance aux différents facteurs de stress.

Il s'agit d'une étude préliminaire de mise en évidence de la variation saisonnière des teneurs en sucres solubles et en proline qui doit être complétée par des études plus élargies sur les sites de synthèse de ces substances, les modalités et la dynamique de leur transport, les sites exacts de leur accumulation et les niveaux les plus optimums permettant à cette espèce la meilleure adaptation et enfin le déterminisme génétique régulant les différentes voies de synthèses et les facteurs conditionnant leur transport, leur utilisation et leur accumulation.

## References

- Adda A., M. Sahnoune, M. Kaid Harche and O. Merah, 2005. Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Plant biology and pathology*. Science direct. C.R. Biologies, 328, 918–927.
- Aimé, S., and M.J. Penven. 1982. Le complexe dunaire de Cap Falcon (Oran). Etude morpho-dynamique appliquée et perspectives d'aménagement. *Méditerranée* 2: 2–13.
- Ait Sadi M., 1990. Comportement biochimique de quelques lignées de fève (*Vicia faba* L.) soumises à la salinité: étude particulière de la proline. Mémoire DES, Univ. Sénia, 65p.
- Alarcon, J.J., M.J. Sanchez-Blanco, M.C. Bolarin, M. Higazy-Shehata, and A. Allam. 1994. Free proline relation to salinity tolerance of three sugar beet varieties. *Egypt. J. Agric. Res.* 73, no. 1: 175–189.
- Aminata Ould Al Hadj K., 2001. Contribution à l'étude des réponses métaboliques de la tomates à la salinité. Thèse Doc. Univ. Rennes (France). 118p.
- AOAC, 1955. Association of official analytical chemists, official methods of analysis. Published by the AOAC., Po.box 540, Washington.
- Ardnt, S.K., S.C. Clifford, W. Wanek, H.G. Jones, and M. Popp. 2007. Physiological and morphological adaptations of the fruit free *Zizyphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiol* 21: 705–715.
- Aslam, M., R.C. Huffaker, and D.W. Rain. 1984. Early effects of salinity on nitrate assimilation in barbey seedlings. *Plant Physiol* 76: 321–325.
- Belkhdouja, M. 1996. Action de la salinité sur les teneurs en proline des organes adultes de trois lignées de fève (*Vicia faba* (L.)) au cours de leur développement. *Acta Botanica Gallica, Soc. Bot. de France* 143, no. 1: 21–28.
- Belkhdouja M., 2000. The Biochemical markers of the salt plants (*Faba Bean*) tolerance in arid countries: a Particular Study of the proline Biosynthesis. 8<sup>e</sup> Conf. Agricul. Dev. Res. Fac. Agrc. Ain Shams Univ. Cairo. Nov. 20-22. *Ann. Agrc. Sci*, Sp 3, 1041-1051.
- Belkhdouja, M., and M. Benkabilia. 2000. Proline of Faba bean (*Vicia faba*) under salt stress. *Egypt. J. Agric. Res.* 78, no. 1: 185–195.
- Belkhdouja M. and Y. Bidai, 2007. Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte (*Atriplex halimus* (L.)) à la salinité. [http://www.tela-botanica.org/page:atriplex\\_halimus\\_salinite.8p](http://www.tela-botanica.org/page:atriplex_halimus_salinite.8p).
- Bellinger, Y., A. Bensaouda, and F. Larher. 1989. Physiology breeding of winter cereals for stress environments. *Colloque, N°3*. France: Montpellier.

- Bendimered F.Z., 1997. Contribution à l'étude de l'Oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link). Approche écologique. Germination des caryopses, croissance, anatomie et histo-chimie des feuilles. Th. Magister. Univ. Tlemcen. Algérie. 110p + annexes.
- Bendimered, F.Z., Z. Mehdadi, and H. Benhassaini. 2007. Etude de la germination et de croissance foliaire de l'oyat (*Ammophila arenaria* (L.) Link. en conditions contrôlées. *Acta Bot. Gallica* 154, no. 1: 129–140.
- Bergman, I., and R. Loxley. 1970. New spectrophotometric method for the determination of proline in tissue hydrolysates. *Analytical Chemistry* 42, no. 7: 702–706.
- Boutelier E., 1996. Effet du NaCl sur la physiologie du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). Son rôle dans l'acquisition de la résistance à la sécheresse. Thèse de Doc. Univ. Paris 6, 142p.
- Dix, P.J., and P.S. Pearce. 1981. Proline accumulation in NaCl-resistant and sensitive cell lines of *Nicotiana sylvestris*. *Z Pflanzenphysiol Bd* 102: 243–248.
- Djerroudi Zidane O., M. Belkhdja, S. Bissati and S. Hadjadj, 2010. Effet du Stress Salin sur l'accumulation de proline chez deux espèces d'Atriplex: *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X, 41, (2), 249-260.
- Dubois, M., K.A. Gilles, P.A. Hamilton, A. Robeg, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry* 28, no. 3: 350–356.
- Goldhirs, A.G., B. Hankamer, and S.H. Lirs. 1990. Hydroxyproline and proline content and cell wall of sunflower, Peanut and cotton under salt stress. *Plant Sci* 69: 27–32.
- Guillaume C., 2006. *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin. Spectrosciences. <http://www.spectrosciences.com/spip.php?article 23>.
- Hare, P.D., and W.A. Cress. 1997. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regulation* 21: 79–102.
- Hassani, A., A. DellaL, M. Belkhdja, and M. KaidHarche. 2008. Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). *European Journal of Scientific Research* 23, no. 1: 61–69.
- Hernandez S., C. Deleu and R.F. Larhe., 2000. Accumulation de proline dans les tissus foliaires de la tomate en réponse à la salinité. *Comptes Rendus Académie des Sciences. Paris, Sciences de la vie/ Life Sciences*, 323, 551–557.
- Imamul Huq, S.M., and F. Larher. 1984. Effect of maintaining a constant Na: Ca ratio on the growth, ion balance and organic solute status of NaCl treated cowpea. *Vigna sinensis* L.Z. *Pflanze. Physiol* 113: 163–176.
- INRA, 2006. Communiqué Press Info. Juin/Juillet. Service de presse et de relations publiques.
- Joshi, S. 1984. Effet of salinity stress on organic and mineral constituents in the leaves of *Pigeonpea cajanus* L. *Plant and soil* 82: 69–76.
- Laouar S., 1977. Caractéristiques écophysologiques et aspects de l'économie de l'eau de l'olivier (*Olea europea* (L.)) et de l'oranger (*Citrus sinensis* (L.) obsbeck). Th. doct. d'état ès. Sciences. p. 247. Univ. Paris VII.
- La Liberte, G., and R. Paquin. 1984. Effets des basses températures avec ou sans apport d'acide glutamique et de saccharose sur la teneur en proline et la tolérance au gel du blé d'hiver. *Physiol. vég* 22: 305–315.
- Lawlor, D.W. 2002. Limitations to Photosynthesis in water-stressed leaves: stomatal vs metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany* 89: 871–885.
- Leclerc M.C., 1985. Alimentation azotée des plantes des dunes littorales de la méditerranée. Relation avec la disponibilité en eau et en azote du sol. Th. Doc. d'état en Sciences. Acad. Montpellier. Univ. Sc. et tech. Du Languedoc, 240p.
- Le Saint A.M., 1966. Observations physiologiques sur le gel et l'endurcissement chez le chou de Milan. Thèse Doct. Es Sciences, Paris, série A, N° 4669.
- Lutts, S., J.M. Kinet, and J. Bouharmont. 1996. Effects of various salts and mannitol on ion and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in Rice callus cultures. *J. Plant physiol.* 149: 186–195.
- Maun, M.A., and P.R. Baye. 1989. The ecology of *Ammophila breviligulata* Fernon coastal dunes systems. *Aquatic. Sciences* 4: 661–681.
- Nguyen, S., and R. Paquin. 1971. Méthodes d'extraction et de purification des acides aminés libres et des protéines des tissus végétaux. *J. Chromatography* 61: 349–351.
- Ottow, E., M. Brinker, E. Fritz, T. Teichman, W. Kaiser, M. Brosche, J. Kangasjarvi, X. Jiang, and A. Polle. 2005. *Populus euphratica* Displays Apoplastic sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by decreases in calcium and soluble Carbohydrates and delops leaf succulence under salt stress I. *Plant Physiology* 139: 1762–1772.
- Parre, E., M.A. Chars, A.S. Leprince, and L. Thiery. 2007. Calcium signaling via phospholipase cis essential for proline accumulation upon ionic but not non-ionic hyperosmotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Plant physiol* 16: 588–599.
- Patel, J.A., and A.B. Vora. 1985. Free proline accumulation in drought stressed plants. *Plant and soil* 84: 427–429.
- Quezel P. and S. Santa, 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, vol.1. C.N.R.S., Paris VII, 565p.
- Rathert, G. 1984. Sucrose and Starch content of plant parts as a possible indicators for salt tolerance. *Aust. J. Plant Physiol* 11: 491–495.
- Schaffer, B., A.W. Whaley, and C. Searle. 1999. Atmospheric CO2 enrichment, root restriction, photosynthesis, and dry matter partitioning in subtropical and tropical fruits crops. *Hort. Science* 34: 1033–1037.
- Schaller, K. 2005. Proline accumulation in grapevine berries during growth and development. *Is it a quality indicator?* *Bull. OIV* 78, no. 891–92: 321–333.
- Silveira, P., B. Meloar, and R.A. Viegras. 2002. Effets salinité induits sur l'assimilation d'azote liée à la croissance aux usines de doliques de Chine. *Exp. Bot* 46: 171–179.
- Smirnoff N. and G.R. Stewart, 1985. Stress metabolites and their role in coastal plants. *Plant Ecology*. Springer Neth. (eds.), 62 (1–3), 273–278.
- Solomon, K.H. 1985. Water-salinity-production functions. *Trans. ASA* 28: 1975–1980.
- Taylor, C.R. 1996. Proline and water deficit: Ups, Downs and Outs. *The Plant Cell* 8: 1221–1224.
- Veziņa, L., and R. Paquin. 1982. Effets des basses températures sur la distribution de la proline dans les plants de Luzerne. *Medicago mediapers. Physiol. Vég* 20: 101–109.
- Wang, Z., and G.W. Stuttle. 1992. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117: 816–823.
- Weimberg, R., H.R. Lerner, and A. Poljakoooff-Mayber. 1986. Changes in growth and water-soluble solute concentrations in *Sorghum bicolor* stressed with sodium and potassium salts. *Physiol. plant* 62: 472–480.
- Zerrad, W., B.S. Maataoui, S. Hilali, S. El Antri, and A. Hamyene. 2008. Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Lebanese science Journal* 9, no. 2: 1–10.
- Zid E. and C. Grignon, 1991. Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress: cas des stress salin et hydrique. *Ilè journées scientifiques du réseau de biotechnologie végétale*. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. John Libbey Eurotext (eds.), Paris, 91–108.