

## CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DE DIFFERENTS ECOTYPES DE *Zygophyllum album* L. (ZYGOPHYLLACEAE) RECOLTES DANS LA REGION DE OUARGLA- SAHARA ALGERIEN

HADJADJ Soumia<sup>1\*</sup>, BEN ZARGHA Shikha<sup>2</sup>, HADJADJ Fatima Zahra<sup>2</sup>, HAMEL Houda<sup>2</sup>,  
HIDOUB Yousra<sup>1</sup>, OULD EL HADJ-KHELIL Aminata<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides  
Université de Ouargla, 30000 Ouargla Algérie

<sup>(2)</sup>Université de Ouargla, 30000 Ouargla Algérie  
E-mail: hadjadjsoumiabio@gmail.com

(Received 21 November 2019 - Accepted 31 December 2019)

**Résumé.-** Dans l'objectif d'étudier, conserver, valoriser et mieux connaître l'influence de facteurs abiotiques (édaphiques) sur la végétation du Sahara, la présente étude porte sur l'étude des réponses biochimiques d'une plante médicinale *Zygophyllum album* L. (Zygophyllaceae) via l'évaluation de leurs contenus en métabolites primaires (sucres solubles totaux, proline et protéines totales) et du statuts hydrique et ionique au niveau des feuilles, tiges et racines d'échantillons de cette plante récoltés dans trois stations d'étude dans la région de Ouargla. Les résultats obtenus montrent que cette espèce végétale se comporte différemment en fonction des caractéristiques physicochimiques du biotope. Les teneurs en métabolites primaires, en eau et en ions accumulés par les plants varient considérablement entre les plants échantillonnés dans différentes stations, et dans la même station, entre les différents organes (feuille, tige et racine). Ce comportement différentiel est une forme d'adaptation de cette espèce aux conditions environnementales qui peuvent modifier certaines caractéristiques de la plante.

**Mots clés:** *Zygophyllum album* L., facteurs abiotiques, métabolites primaires, statuts hydrique, statuts ioniques, Ouargla.

## BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF DIFFERENT ECOTYPES OF *Zygophyllum album* L. (ZYGOPHYLLACEAE) COLLECTED IN THE OUARGLA REGION- ALGERIAN SAHARA

**Abstract.-** In order to study, conserve, enhance and better understand the influence of abiotic factors where edaphic on the vegetation of the Sahara, the current work focuses on the study of the biochemical responses of a medicinal plant called *Zygophyllum album* L. (Zygophyllaceae) through the evaluation of their contents in primary metabolites (total soluble sugars, proline and total proteins) and the hydric and ionic status in the leaves, stems and roots of samples of this plant collected from three stations located in the Ouargla region. The obtained results showed that this species behave differently depending on the physicochemical characteristics of the biotope; the levels of primary metabolites, water and ions accumulated by plants vary considerably between the plants sampled at different stations, and in the same station, between the different organs (leaf, stem, and root). This different behavior is a form of adaptation of the plant to the conditions which surround it and which can modify certain medicinal traits of the plant.

**Key Words:** *Zygophyllum album* L., abiotic factors, primary metabolites, hydric status, ionic status, Ouargla.

### Introduction

Le Sahara, le plus vaste et le plus chaud des déserts du monde [1,2], caractérisé par la rareté et l'irrégularité des précipitations, et qui est accentué par des températures très

élevées de l'air et du sol. Cet écosystème est un milieu vivant connu par un couvert végétal discontinu et irrégulier dans l'espace comme dans le temps [3]. Les ressources végétales spontanées du Sahara constituent une flore d'environ 500 espèces de plantes supérieures, dont une partie reste de nos jours utilisée par les populations locales comme plantes médicinales, constitue une ressource phytogénétique très appréciable et une partie intégrante de la pharmacopée séculaire des populations sahariennes [4].

À l'échelle de l'Algérie et à Ouargla en particulier, les chercheurs du secteur de l'industrie pharmaceutique, ainsi que les médecins, les biologistes et les chimistes cherchent à mieux connaître les espèces spontanées utilisées en médecine traditionnelle, car la médecine moderne et surtout la chimiothérapie risque de contre balancer l'équilibre de la santé de l'homme par ses effets secondaires qui résultent d'autres complexations physiologiques. De ce fait, l'humanité a recours à la médecine traditionnelle basée sur l'utilisation des plantes médicinales et ses substances actives, qui présentent généralement moins de toxicité et peu de contre-indication et risques.

Au Sahara septentrional Algérien, *Zygophyllum album* L. (Zygophyllaceae) couvre souvent les surfaces des sols à encroûtements gypseux des bordures des chotts et des sebkhas [5]. C'est une plante qui possède des vertus thérapeutiques remarquables. Elle est utilisée en pharmacopée traditionnelle Algérienne, en décoction, en poudre ou en pommade pour les traitements des diabètes, des indigestions et des dermatoses [6].

Vu les intérêts multiples de cette espèce et dans l'optique de la préservation et la valorisation du patrimoine floristique médicinaux du Sahara. Le présent travail vise l'étude du comportement adaptatif de *Z. album* à travers l'évaluation des contenus en composés minéraux (calcium, potassium et sodium) et organiques (sucres solubles totaux, proline et protéines totales) au niveau des différents organes des plants échantillonnés dans trois stations d'études situées dans la région de Ouargla.

## **1.- Matériel et méthodes**

### **1.1.- Situation géographique de la région d'étude**

La région de Ouargla se trouve encaissée au fond d'une cuvette très large de la basse vallée de l'Oued M'ya à environ 790 km de la capitale Alger, à une altitude de 157 m, latitude de 32°45' Nord et 31°45' Sud et longitude de 5°20' Est et 5°45' Ouest. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Djelfa, Biskra et El-Oued, à l'Est par la Tunisie, au Sud par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa [7].

Le climat est de type saharien. Elle se manifeste par des températures élevées en été, des précipitations très faibles et surtout par une forte évaporation due à la sécheresse de l'air.

### **1.2.- Méthode d'échantillonnage**

La stratégie d'échantillonnage adoptée pour cette étude est de type raisonné qui est une méthode simple et intuitive. Des plants de *Z. album* au stade végétation, ont été prélevés aléatoirement durant la période qui s'étale du mois de février au mois d'avril 2015. Deux zones d'études situées dans la région de Ouargla, ont été choisies.

La première zone est située à l'exploitation agricole de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (FSNV) de l'université de Ouargla (Algérie), les trois stations d'échantillonnage sont:

- Station 1 : Au niveau des rigoles;
- Station 2 : Sous les pieds des palmiers dattiers;
- Station 3 : Loin des deux stations (1 et 2) la rigole et sous les pieds des palmiers dattiers.

La seconde zone, est la cuvette de Ouargla, les trois stations d'échantillonnage sont:

- Station 1: Hay Ennasr;
- Station 2: Chott Ain El-Beïda;
- Station 3: À 15 km sur la route d'El Ménéea.

Les plants prélevés sont découpés en feuilles, tiges et racines. Après essuyage par de l'eau distillée, une aliquote de chaque organe est aussitôt pesée puis déposée dans une étuve réglée à  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ . Les échantillons sont repesés, à des intervalles de temps réguliers, jusqu'à l'obtention d'un poids constant, pour la détermination de la teneur relative en eau.

## 2.3.- Méthodes analytiques

### 2.3.1- Extraction des métabolites primaires et des composés minéraux

L'extraction est réalisée dans l'éthanol qui déstabilise les membranes végétales ce qui permet d'extraire les composés hydrosolubles. Un gramme de matériel végétal frais, constitué de racines, de tiges ou de feuilles, est mise en suspension dans 4 ml d'éthanol à 95% dans des tubes à essai. Les tubes sont agités et placés dans un bain-marie à  $98^\circ\text{C}$  jusqu'à évaporation totale de l'alcool. Les échantillons sont refroidis puis rincés trois fois avec de l'eau distillée. A chaque fois il est agité vigoureusement et on récupère le surnageant, les trois fractions réunies sont centrifugées à 400 rpm pendant 10 min, puis le surnageant est récupéré et conservé au congélateur jusqu'à leur analyse.

### 2.3.2.- Détermination de la teneur relative en eau

La teneur relative en eau (TRE) a été obtenue par la différence entre la masse de matière fraîche (MF) et la masse de matière sèche (MS). Elle est rapportée en gramme de matière fraîche et exprimée en pourcentage selon la formule d'Audigie *et al.* [8].

$$\text{TRE \%} = [(MF - MS) / MF] \times 100$$

### 2.3.3.- Dosages des composés minéraux

Le dosage des cations hydrosolubles ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ ) est réalisé par un spectrophotomètre à flamme de type JENWAY. L'extrait utilisé est celui obtenu par le traitement du matériel végétal à l'éthanol à chaud puis sa reprise à l'eau à froid. Les teneurs sont exprimées en milliéquivalent par gramme de matière fraîche (meq/g de MF).

### 2.3.4.- Dosage des sucres solubles totaux

Les sucres solubles totaux sont quantifiés via la réaction colorée en milieu acide concentré ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 70%) avec le mélange anthrone (0,092%, p/v) et thiourée (0,092%, p/v) selon la méthode de ROE [9]. Un volume de 200  $\mu\text{l}$  d'extraits est placé dans des tubes

à essai, dans lesquels sont ajoutés 2 ml d'un mélange contenant 84 mg d'antrone et 84 mg de thiourée dans 100 ml d' $H_2SO_4$  à 70%. Le mélange réactionnel homogénéisé est ensuite placé dans un bain marie à 92°C pendant 10 min. Après refroidissement, la densité optique est lue au spectrophotomètre UV-visible de type UV-mini-1240 à une longueur d'onde de 625 nm. La gamme étalon est établie avec le glucose. Les teneurs en glucides solubles totaux sont exprimées en micromoles équivalent de glucose par gramme de matière fraîche ( $\mu$ moles éq glucose/ g de MF).

### 2.3.5.- Dosage de la proline

La proline est déterminée suivant la méthode colorimétrique de Troll et Lindsey [9] améliorée par BATES *et al.* (1973) [11] puis par MAGNE et LARHER (1992) [12]. Dans ce cas, 100  $\mu$ l d'extraits sont introduits dans des tubes à essai, additionné 100  $\mu$ l d'une solution de ninhydrine (1%, p/v) dans 60% d'acide acétique glacial. Les tubes sont homogénéisés et placés au bain-marie à 98°C pendant 20 min pour le développement de la coloration rouge- orange. Après refroidissement, le produit chromogène est extrait avec 3 ml de toluène puis dose au spectrophotomètre après un repos à l'obscurité durant 2 heures au minimum. La gamme étalon est établie avec la L- proline. Les résultats sont exprimés en micromoles équivalent de proline par gramme de matière fraîche ( $\mu$ moles éq proline/ g de MF).

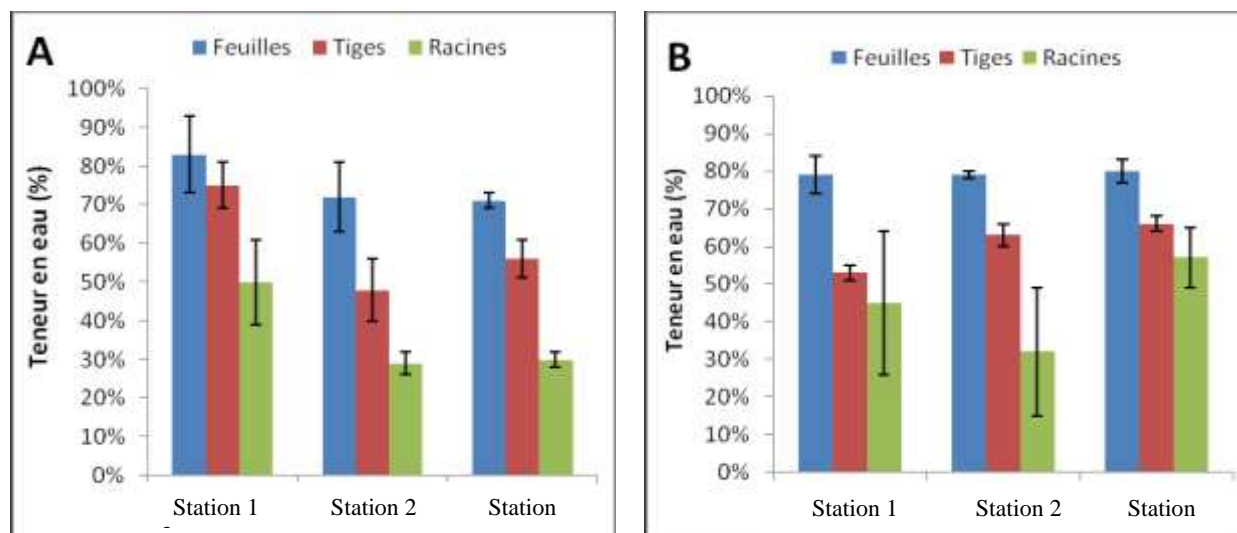
### 2.3.6.- Dosage de protéines totales

La teneur en protéines solubles totales est déterminée par la méthode de LOWRY [13]. Le dosage a nécessité la préparation d'un réactif juste avant son utilisation par ajouter de 50 ml d'un mélange de 0,5 ml de sulfate de cuivre (0,5%) et 0,5 ml de tartrate de sodium et potassium (1%) à 1ml d'une solution de carbonate de sodium 2% dans NaOH (0,1M). Une prise de 1 ml d'extraits est versée dans 5 ml de réactif. Le mélange est agité et on laisse incuber 10 min à température ambiante. Il est ajouté ensuite 0,5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu. Après avoir laissé la couleur se développer pendant 30 min à l'obscurité, l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 625 nm. La gamme étalon est établie avec le sérum albumine bovin. Les résultats sont exprimés en micromoles équivalent de sérum albumine bovin par gramme de matière fraîche ( $\mu$ moles éq BSA/ g de MF).

## 2.- Résultats

### 2.1.- Evaluation du statut hydrique

Les teneurs relatives en eau, diffèrent entre les différents organes de l'espèce *Z. album* de même entre les plants prélevés de différentes stations (fig. 1). La teneur relative en eau des plants prélevés de la station 1 (la rigole de l'exploitation agricole de l'université) est élevée ; elle est de 83 % au niveau des feuilles bien qu'elle est plus faible au niveau des tiges et des racines (75 et 50 %, respectivement). De même, les contenus en eau des plants de *Z. album* échantillonnés dans les autres stations sont proches; en moyen les forts pourcentages sont enregistrés dans les feuilles (76,2 %), suivies par les tiges (57,2 %), puis par les racines qui semblent présentes des teneurs très faibles en eau (38,6 %).



**Figure 1.-** Teneurs relatives en eau des feuilles, tiges et racines de *Z. album* prélevées dans différentes stations (**A** : Exploitation et **B** : Cuvette de Ouargla)

## 2.2.- Evaluation du statut ionique

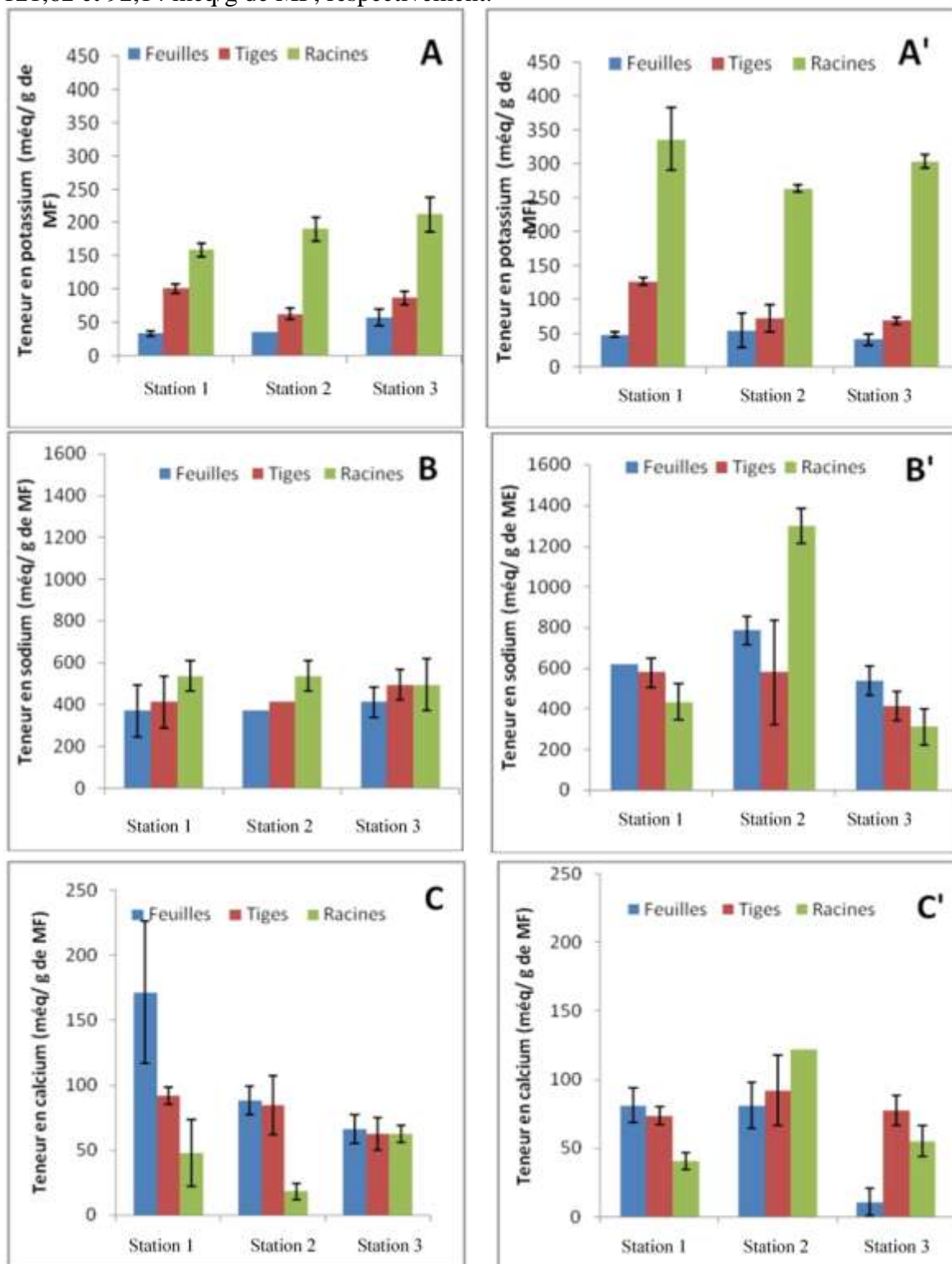
### 2.2.1.- Teneurs en cations hydrosolubles

Les teneurs en cations hydrosolubles ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  et  $Na^+$ ) varient d'un organe à l'autre (fig. 2). Dans l'ensemble des échantillons analysés, la cinétique d'accumulation du potassium se produit dans le sens descendant, c'est-à-dire des systèmes foliaires vers ceux racinaires (fig. 2 A et A'). Des teneurs maximales en potassium sont enregistrées dans les racines des plants récoltés de la zone 3 (loin de la rigole et du palmier dattier) de l'exploitation et de la zone 1 (Hay Ennasr) de la cuvette de Ouargla avec (212,38 et 336,67 meq/g de MF, respectivement), suivies par celles exprimées par les plants échantillonnés de la station 2 (sous les pieds du palmier dattier) de l'exploitation (190,66 meq/g de MF) et la station 3 (à 15 Km sur la route d'El Ménéa) de la cuvette de Ouargla (304,09 meq/g de MF).

L'augmentation de la teneur en sodium se fait dans la même direction d'évolution du cation potassique (dans le sens descendant) pour les plants récoltés dans l'exploitation agricole de l'université. Cette évolution se fait dans le sens ascendant pour les plants prélevés des stations 1 et 3 de la cuvette de Ouargla excepté ceux provenant du Chott Ain El-Beïda où les racines présentent des teneurs nettement plus importantes en sodium (1299,30 meq/g de MF) suivies par celles enregistrées au niveau des feuilles (783,70 meq/g de MF) (fig. 2 B et B'). Il est important de noter que, le contenu potassique des organes est plus important que celui du sodium et ceci quelles que soient les zones de récolte des échantillons.

Contrairement au potassium et sodium l'évolution du calcium, se fait dans le sens ascendant, des organes souterrains vers ceux aériens, aussi bien chez les plants prélevés de l'exploitation que ceux prélevés des différentes stations de la cuvette de Ouargla, à l'exception des plants provenant du Chott Ain El-Beïda où l'accumulation de cet élément se fait dans le sens inverse (fig. 2 C et C'). Les plus importantes concentrations en  $Ca^{2+}$  sont exprimées au niveau des feuilles (171,37 meq/g de MF) suivies par celles enregistrées dans les tiges (92,13 meq/g de MF) de la zone 1 (la rigole) au niveau de l'exploitation. Au

niveau de la cuvette de Ouargla, le système racinaire des plants obtenus du Chott Ain El-Beïda est le plus pourvu en ce composé inorganique suivi des tiges avec des taux estimés à 121,62 et 92,14 meq/g de MF, respectivement.



**Figure 2.-** Teneurs en cations hydrosolubles potassium (A: Exploitation et A': Cuvette de Ouargla), sodium (B : Exploitation et B': Cuvette de Ouargla) et calcium (C: Exploitation et C': Cuvette de Ouargla) des feuilles, tiges et racines de *Z. album*

## 2.2.2.- Détermination du rapport $K^+/Na^+$

L'analyse des données du tableau I, montre que le rapport  $K^+/Na^+$  des différents organes de *Z. album* échantillonnés des deux stations de l'exploitation varie de 0,10 à 0,43 alors que chez ceux récoltés dans la cuvette de Ouargla, l'intervalle de variation de ce ratio est compris entre 0,07 à 0,98. Les valeurs de ce rapport  $K^+/Na^+$  restent inférieures à 1, et qu'elles sont relativement faibles dans les organes aériens des échantillons qui sont prélevés des trois stations de l'exploitation que ceux obtenus de la cuvette de Ouargla, *versus* les valeurs en ce ratio  $K^+/Na^+$  des organes souterrains sont plus élevées chez les plants récoltés des stations (Hay Ennasr) et 3 (à 15 km sur la route d'El Ménée) de la cuvette de Ouargla.

**Tableau I.-** Rapport  $K^+/Na^+$  des plants récoltés dans différentes stations de l'exploitation et de la cuvette de Ouargla

Organes	Exploitation			Cuvette de Ouargla		
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 1	Station 2	Station 3
Feuilles	0,09	0,10	0,14	0,08	0,07	0,08
Tiges	0,25	0,15	0,18	0,22	0,13	0,17
Racines	0,30	0,36	0,43	0,78	0,20	0,98

Au niveau de l'exploitation: Station 1 (la rigole), Station 2 (sous les pieds du palmier dattier) et Station 3 (Loin de la rigole et les pieds du palmier dattier).

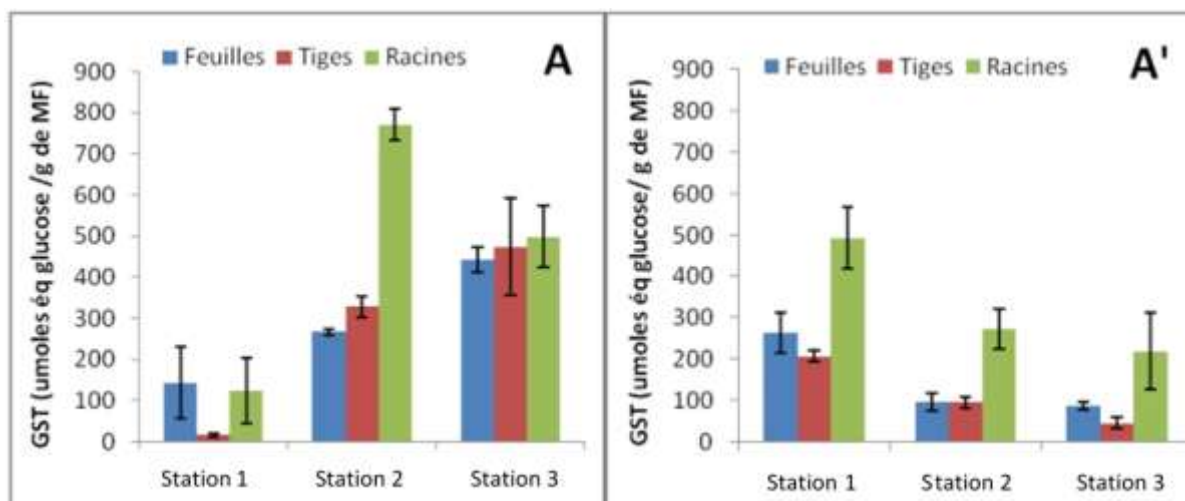
Au niveau de la cuvette de Ouargla : Station 1 (Hay Ennasr), Station 2 (Chott Ain El-Beïda) et Station (À 15 km sur la route d'El Ménée).

## 2.3.- Contenu en métabolites primaires

### 2.3.1.- Contenu en sucres solubles totaux

Au niveau de l'exploitation agricole, les plants de *Z. album* présentent des teneurs très variables en glucides solubles totaux. Ces variations sont dues aux changements de la station de prélèvement ; donc changement des facteurs édaphoclimatiques du biotope. Pour les plants prélevés de la rigole, les teneurs en glucides solubles totaux sont moyennes dans tous les organes et la grande valeur est enregistrée dans les feuilles (142,56  $\mu$ moles éq glucose/g de MF). Pour les plants prélevés des deux stations qui sont plus au moins loin de la rigole de l'exploitation, les teneurs en glucides solubles totaux augmentent, et des valeurs élevées sont enregistrées dans les racines, avec des teneurs qui dépassent 771,69  $\mu$ moles éq glucose/g de MF.

Pour les plants de *Z. album*s prélevés des différentes stations de la cuvette de Ouargla (Hay Ennasr, Chott Ain El-Beïda et à 15 km sur la route d'El Ménée), où les sols sont très salés, les glucides solubles totaux sont accumulés dans les différents organes et préférentiellement au niveau des racines de tous les plants, avec des valeurs atteignant 492,77  $\mu$ moles éq glucose/g de MF chez celles prélevées de la station 1 (Hay Ennasr) (fig. 3).



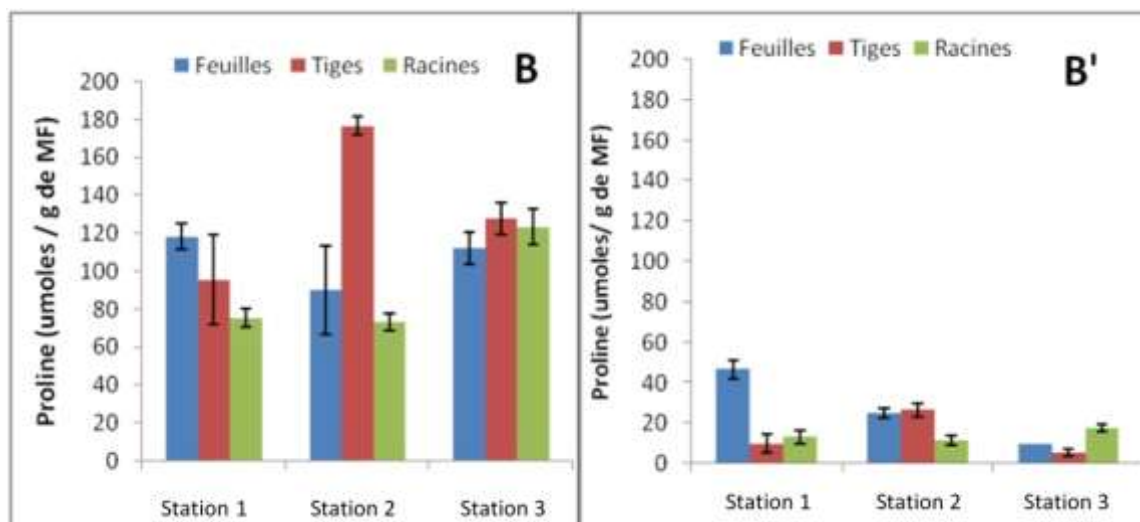
**Figure 3.-** Teneurs en sucres solubles totaux des feuilles, tiges et racines de *Z. album* prélevées dans différentes stations (A: Exploitation et A': Cuvette de Ouargla)  
GST: glucides solubles totaux

### 2.3.2.- Contenu en proline

Le contenu en proline des plants de *Z. album* varie d'un organe à l'autre en fonction du site d'échantillonnage (fig. 4). Cet acide aminé est accumulé essentiellement dans les feuilles des plants récoltés dans les deux stations (Rigole et Hay Ennasr) avec 118,33 et 46,67  $\mu$ moles  $\text{eq}$  proline/g de MF respectivement. Cette accumulation se produit davantage dans les tiges des plants prélevés de la station 2 (sous les pieds du palmier dattier) (176,67  $\mu$ moles  $\text{eq}$  proline/g de MF) et dans les racines chez ceux récoltés de la station 3 (à 15 km sur la route d'El Ménéea) (17,78  $\mu$ moles  $\text{eq}$  proline/g de MF).

Les plants des stations 2 de la cuvette de Ouargla (Chott Ain El-Beïda) et 3 de l'exploitation (loin de la rigole et les pieds du palmier dattier), montrent presque une égalité de la répartition de ce composé azoté entre les feuilles et les tiges (25 et 26,67  $\mu$ moles  $\text{eq}$  proline/ g de MF, respectivement) pour les plants de la station 2 d'une part et d'autre part, entre les tiges et les racines (127,78 et 123,33  $\mu$ moles  $\text{eq}$  proline/ g de MF, successivement) pour la zone 3.





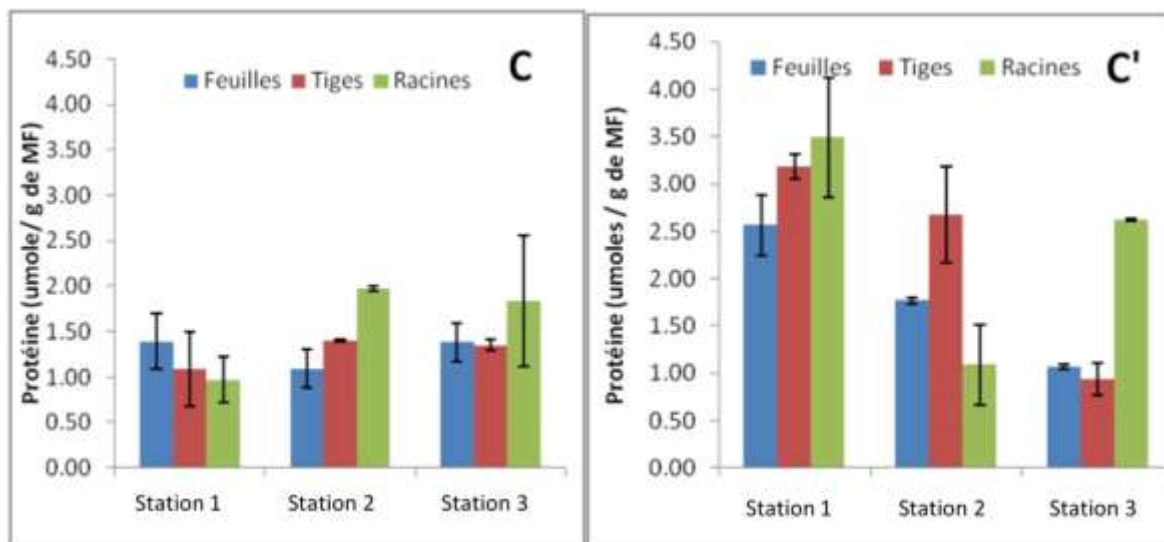
**Figure 4.-** Teneurs en proline des feuilles, tiges et racines de *Z. album* prélevées dans différentes stations (B: Exploitation et B': Cuvette de Ouargla).

### 2.3.3.- Contenu en protéines totales

Les protéines solubles totales sont différemment réparties entre les différents organes des plants de *Z. album* étudiés (fig. 5). Pour les plants prélevés de l'exploitation, il est remarqué que ceux de la rigole contiennent plus de protéines dans les feuilles (1,39 µmoles éq BSA/g de MF), vient après les tiges et les racines avec (1,09 et 0,9 µmoles éq BSA/g de MF, dans cet ordre). Chez les plants échantillonnés des stations 2 et 3 de l'exploitation, il est enregistré les plus fortes concentrations en protéines totales dans les racines avec 1,97 et 1,84 µmoles éq BSA/g de MF, respectivement.

Concernant les plants prélevés des stations 1 (Hay Ennasr) et 3 (à 15 km sur la route d'El Ménée) de la cuvette de Ouargla, il est enregistré des fortes teneurs en protéines dans les racines de l'ordre de 3,49 et 2,62 µmoles éq BSA/g de MF, respectivement. Les autres organes accumulent des teneurs plus au moins faibles. L'accumulation en ces composés se produit davantage dans les tiges (2,67 µmoles éq BSA/g de MF) chez ceux prélevés du Chott Ain El-Beïda.

Il est noté également que, les tissus des plants prélevés de différentes stations de la cuvette de Ouargla sont mieux pourvus en ces composés comparativement à ceux prélevés de l'Exploitation.



**Figure 5.-** Teneurs en protéines totales des feuilles, tiges et racines de *Z. album* prélevées dans différentes stations (C: Exploitation et C': Cuvette de Ouargla).

### 3.- Discussion

L'eau est un constituant inorganique très important pour les végétaux, allant de 60 à 85% environ du poids frais des plantes. Elle a de multiples rôles : transporteur des sels, solvant, agent de réactions chimiques, facteur de turgescence [14]. A la lumière des résultats obtenus, il est constaté que les variations des teneurs en eau des plants de *Z. album* sont fonction du biotope et des organes. En effet, les feuilles et les tiges représentent les organes présentant des statuts hydriques les plus élevés. Les feuilles sont le lieu où s'effectuent la plupart des processus métaboliques, milieu nécessaire au bon fonctionnement des enzymes et les tiges sont les organes de transport de cet élément entre le site d'absorption (les racines) et les feuilles.

Les plants de la station (la rigole) de l'exploitation sont les plus riches en eau par rapport à l'ensemble des échantillons testés à cause de l'irrigation. A l'opposé les plants récoltés des stations (Chott Ain El-Beïda) et 3 (à 15 km sur la route d'El Ménée) de la cuvette de Ouargla, présentent des teneurs en eau plus faible, pourraient être expliquées par l'exposition au stress salin, induisant une limitation de l'absorption de l'eau par les plants. Les plantes développent plusieurs stratégies dans le sens de l'économie d'eau qui diffèrent selon la catégorie de plante, la succulence, qui est une accumulation de l'eau dans les cellules constitutives des feuilles et des tiges comme un mécanisme compensatoire pour réguler la concentration interne en sel par dilution [15].

Le potassium, sodium et calcium jouent un rôle important dans les métabolismes des plantes ; le potassium participe à la régulation hydrique (il accélérerait les réponses d'ouverture et de fermeture des stomates), il est nécessaire à la synthèse des protéines et aux transports des glucides et il favorise la photosynthèse. Le calcium contrôle l'ouverture de certains canaux ioniques transmembranaires, notamment ceux à potassium ; il joue de ce fait un rôle important dans la régulation du potentiel osmotique ou osmorégulation [16,17].

Le contenu en sodium et potassium des plants de *Z. album* prélevés de différentes stations de la cuvette de Ouargla est plus important comparant que ceux prélevés de

l'exploitation de l'université de Ouargla. Ces éléments sont accumulés préférentiellement dans les racines pour tous les plants étudiés à l'exception de ceux récoltés des stations 1 (Hay Ennasr) et 3 (à 15 km sur la route d'El Ménéa) de la cuvette de Ouargla où l'augmentation du sodium semble plus importante dans la partie aérienne, car l'exploitation de l'université de Ouargla est irriguée et moins salée que la cuvette de Ouargla où il est observé une forte accumulation de  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  surtout au niveau des plants du Chott Ain El-Beïda. L'exigence de la cellule en contenu potassique et sodique important peut être satisfaite grâce à des traits adaptatifs différents des plants de *Z. album* [18,19].

Des concentrations élevées en cations alcalins ( $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^+$ ) sont requises par les absorptions de ces plants en ions, pour les captations des eaux c'est-à-dire l'adaptation à l'aridité et salinité du milieu, ces ions sont transportés dans les vacuoles où ils participent à la régulation osmotique et à l'environnement ionique nécessaire à l'activité des ribosomes lors des synthèses protéiques et stimulent l'activité de certaines enzymes pour les équilibres entre la vacuole et le cytoplasme [20, 21]. Cela paraît être révélé par les valeurs du rapport moléculaire  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ . Ce rapport est supposé représenter la sélectivité de *Z. album* pour le  $\text{K}^+$  sur  $\text{Na}^+$ . Il est en relation avec les conditions du milieu extérieur. Par exemple, l'existence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  en concentrations élevées dans le sol qui augmentent les valeurs de ce rapport [18,19].

Lors d'un stress salin, le dysfonctionnement cellulaire est essentiellement dû à la toxicité ionique croissante. Celle-ci est générée à la fois par l'augmentation des concentrations des solutés non compatibles ( $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) dans le cytoplasme à cause de la perte d'eau et de l'absorption des ions en excès du milieu extérieur en provoquant la détérioration des processus métabolique, une forte dépolarisation des structures cellulaires ; affecte l'intégrité membranaire, l'activité enzymatique, le fonctionnement nucléaire, l'absorption de nutriments ainsi que le fonctionnement de l'appareil photosynthétique [22].

Les halophytes et occasionnellement les glycophytes sont capables de lutter contre ce phénomène en produisant des composés dits osmoprotecteurs ou solutés compatibles. Ces composés par leur concentration protègent les composés cellulaires et maintiennent l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole [23, 24]. Les sucres solubles jouent un rôle déterminant dans l'ajustement osmotique, ainsi qu'au niveau de la stabilisation de certaines protéines. L'accumulation des sucres semble induire la gélification du contenu cellulaire en saturant le milieu intracellulaire, ce phénomène permettant d'éviter la cristallisation des molécules contenues dans la cellule et donc limite les dommages au niveau des structures cellulaires [25].

*Z. album* est une plante halophile qui se développe dans les sols salins. Pour les plants prélevés dans les différentes stations de la cuvette de Ouargla (où les sols sont plus salés), il est constaté une forte accumulation des glucides solubles totaux surtout au niveau des racines, cette accumulation est la conséquence de l'abaissement du potentiel hydrique qui est accompagné d'une augmentation du stress salin. L'accumulation des glucides solubles totaux dans les racines en particulier permet l'ajustement osmotique par l'abaissement du potentiel hydrique des racines d'une manière a facilité l'absorption de l'eau [26]. Mais au niveau de l'exploitation agricole et plus précisément au niveau de la rigole, où il y a une irrigation continue, cette irrigation a comme conséquence de diminuer fortement la salinité du sol et les plants de cette zone (la rigole) ne s'exposent pas à un

stress salin et les glucides solubles totaux ne vont pas être accumulés dans les racines pour maintenir l'équilibre osmotique, mais ils vont être utilisés pour d'autres fins (la photosynthèse, la production de biomasse,...). L'accumulation des glucides solubles totaux chez *Z. album* est en relation avec les conditions hydriques du sol et c'est un paramètre d'adaptation de la plante à ces conditions de stress salin.

La participation de la proline à la protection des structures cellulaires et notamment les protéines, contre les effets déstabilisants de l'abaissement de l'activité de l'eau [27]. Le contenu en proline de *Z. album* est varié selon les organes et les zones où sont prélevées les échantillons. La variation des teneurs en proline sous l'effet de la salinité et de la sécheresse se fait parallèlement à celles des glucides solubles totaux. Cependant, elles restent relativement faibles par rapport à celles des sucres solubles, ce qui laisse penser que les sucres ont un rôle dans l'ajustement osmotique que la proline. Cela rejoint les résultats de plusieurs travaux qui soulignent le rôle osmotique que jouent les sucres solubles et la proline dans l'ajustement osmotique en cas de sécheresse et de la salinité chez diverses espèces végétales [28, 29]. En effet, chez *Picea mariana*, 60% de l'abaissement du potentiel osmotique est attribué aux sucres solubles [30], ainsi chez *Acacia cyanophylla* Lindl, la contribution des solutés organiques à la différence du potentiel osmotique est due à 76% aux sucres solubles et à 24% aux acides aminés libres [31]. La chute de la teneur en cet acide aminé, lorsque la salinité diminue après irrigation est corrélée à la mobilisation des sucres et à la reprise de la croissance [32].

La salinisation affecte la traduction des transcrits en protéines par le changement des propriétés, cinétiques et la différenciation de ces molécules actives. L'analyse à grande échelle des quantités de protéines (protéome) permet d'accéder aux variations des quantités de protéines qui ont été trouvées liées aux quantités des ions, des glucides solubles et de proline, ce protéome occupe principalement les cellules en pleine croissance, telles que les feuilles jeunes, ce qui traduit leur importance dans la protection des composés cellulaires [33]. D'après la comparaison entre les teneurs en glucides solubles totaux et en protéines totales de *Z. album* on constate qu'il y a une proportionnalité entre ces deux teneurs, cette proportionnalité implique une amplification de la synthèse des protéines lors d'un stress salin.

Les plants de *Z. album* des sols salins absorbent et accumulent de fortes concentrations en ions, provoquent la génération des radicaux libres toxiques et qui altèrent par la suite les constituants cellulaires de la plante. Donc, ces cellules doivent synthétiser des composés capables de se fixer avec ces ions et empêcher tout processus néfaste. Ces composés sont de nature protéique à activité enzymatique, capables de dégrader les radicaux toxiques. Au niveau de l'exploitation (rigole), l'irrigation abaisse le stress ionique et provoque également une diminution des teneurs en protéines totales, puisque la contrainte de l'altération des cellules par les radicaux libres et les peroxydes ne se pose pas. La forte accumulation des solutés organiques, induite par le stress abiotique, contribuerait à la protection des systèmes enzymatiques et membranaires, ce qui permettrait la poursuite des processus physiologiques et biochimiques en condition de stress [30].

## Conclusion

L'exploration biochimique de *Z. album* récoltée dans différentes stations de la région de Ouargla, à travers l'évaluation des contenus en métabolites primaires et en statut

hydrique et ionique des organes de la partie aérienne (feuilles et tiges) et souterraine (racines), conduite aux principaux points suivants :

- l'évaluation du statut hydrique a montré que les plants de l'exploitation et plus précisément celles de la rigole contiennent plus d'eau au niveau des différents organes, surtout dans les feuilles, alors que les plants de différentes stations de la cuvette de Ouargla où les sols sont extrêmement salés, les plants sont plus au moins pauvres en eau ;

- les teneurs en  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sont élevées au niveau des racines des plants prélevés de la cuvette de Ouargla et de l'exploitation, autre que les teneurs en  $\text{Ca}^{2+}$  sont élevés au niveau des feuilles pour l'exploitation et la région de Ouargla. L'accumulation de  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  a pour rôle de diminuer le potentiel hydrique pour faciliter l'absorption de l'eau ;

- les sucres solubles totaux sont accumulés à fortes concentrations dans les racines des sols salés, où ces composés viennent pour maintenir l'équilibre osmotique de ces organes, alors qu'au niveau de la rigole, la forte concentration est enregistrée dans les feuilles, sièges de déroulements de leurs synthèses ;

- l'accumulation de la proline est variée d'un organe à l'autre de la plante et cela en fonction de la concentration du milieu en sel. Cette accumulation du contenu en proline des tissus de la plante se fait parallèlement à celle des glucides solubles totaux. Toutefois ces teneurs restent relativement faibles comparées à celles des sucres, ceci laisse penser que les sucres ont une grande importance rôle dans l'ajustement osmotique que la proline ;

- l'augmentation des protéines totales est proportionnelle à celle des cations hydrosolubles, des glucides solubles totaux et de la proline, ceci suggère l'amplification de la synthèse des protéines enzymatiques impliquées dans la biosynthèse des solutés osmoprotecteurs ainsi que, leurs contributions à l'ajustement osmotique et la protection des constituants cellulaires de la plante contre les effets toxiques des ions.

Enfin, il ressort de la présente étude qu'il existe des différences entre *Z. album* récoltées dans les différentes stations de la région de Ouargla, ces différences sont dues aux facteurs édaphiques, et qui peut par la suite affecter les propriétés curatives de cette plante. Les résultats montrent que plus les plantes de *Z. album* sont spontanées, plus elles gardent ces caractères médicinaux.

## Références bibliographiques

- [1].- Unesco, 1960.- Les plantes médicinales des régions arides. Recherches sur les zones arides. Paris, 99 p.
- [2].- Ozenda P., 1979.- Flore du Sahara. Ed CNRS, Paris, 622 p.
- [3].- Chehma A., 2002.- Le développement de l'élevage camelin en Algérie. Problème et perspectives. Synthèse. Université Badji Mokhtar- Annaba, 11: 94-99.
- [4].- Ozenda P., 1983.- Flore de Sahara. Ed. CNRS, 2<sup>ème</sup> édition, Paris, 622 p.
- [5] Quezel P., Santa S., 1963.- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Edition du centre national de la recherche scientifique, Paris, 588p.
- [6].- Ould El-Hadj M. D., Hadj-Mohammed M., Zabeirou H., 2003.- Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara Septentrional Est). Courrier du Savoir, 3 : 47- 51.

- [7].- Rouvillois- Brigol M., 1975 - Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Pub Dép Géo Univ, Paris, Sorbonne (2), 316 p
- [8].- Audigie P., Figarella A., Zonszain N., 1984.- Manipulation d'analyses biochimiques. Ed. Doin, Paris, 274 p.
- [9].- Roe J.H., 1955.- The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent. J. Biol. Biochem, 212: 335-343.
- [10].- Troll P., Bouchereau A., Niogret M.F., Lather F., 1996.- A photometric method for the determination of proline .J. Biol. Biochem, 215: 655-660.
- [11].- Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D., 1973.- Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant physiol, 39: 205-207.
- [12].- Magne C., Larher F., 1992.- High suger content of extracts interferes with colorimetric determination of amino acids and free proline. Anal. Biochem., 200: 115-118.
- [13].- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J., 1951.- Protein measurement with the Folin-phenol reagent. J. Boil. Chem.,193: 265-275.
- [14].- Cruiziat P., 1995.- La circulation de l'eau dans les plantes .INRA. PHM. Revue Horticole, 363 : 17-23.
- [15].- Poljakoff- Mayber A., 1975.- Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In plant in Saline Environnement, Ed. Poljakoff- Mayber A., Gale J., Spring- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 97-117.
- [16].- Heller R., Esnault R., Lance C., 1998.- Physiologie végétale. Tome1. Nutrition. 6<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris: 134- 135.
- [17].- Hopkins W.G., 2003.- Physiologie végétale. 2<sup>ème</sup> édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.
- [18].- Tipirdamaz R., Gagneul D., Duhaze C., Ainouche A., Monnier C., Ozakum D., Larher F., 2005.- Clustering of halophites from an inland march in turkey according to their ability to accumulate sodium and nitrogenous osmolytes. Environnemental and Experimental botany, 57: 139-153.
- [19].- Ashraf M., Ali Q., 2008.- Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany, 63: 266- 273.
- [20].- Murata Y., Obi I., Yoshihashi M., Kakutani T., 1994.- Reduced permeability of K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> ions of channels in plasma membrane of tobacco cells in suspension after adaptation to 50 mM NaCl. Plant cell Physiol, 35: 87-92.
- [21].- Allakverdiev S.I., Sakamoto A., Nishiyama Y., Inaba M., Murata N., 2000.- Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystems I and II in

- Synechococcus* sp. *Plant Physiol*, 123: 1047-1056.
- [22].- Annou G., 2009.- Mécanisme adaptatifs de quelques halophytes spontanées sous deux régimes hydriques (continu et discontinu) de la cuvette de Ouargla. Thèse de Magister, univ. Ouargla: 1-113.
- [23].- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J., 2000.- Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 54: 463- 499.
- [24].- Zhu J.K., 2001.- Plant salt tolerance. *Plant science*, university of Arizon: 66- 71.
- [25].- Dubos C., 2001.- Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat en biologie forestière, Université Henri Poincaré. Nancy I (France) : 54- 55.
- [26].- Cayuela E., Perez-Alfocea F., Caro M., Bolarin M.C., 1996.- Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plant grown under salt stress. *Plant Physiol*, 96: 231-236.
- [27].- Handa S., Nanda AK., Hasegawa PM., Bressan RA., 1986.- Proline accumulation and the adaptation of the cultured plant cells to water stress. *Plant Physiol*, 80 (4): 938-945.
- [28].- Stewart GR., Larher F., 1980.- Accumulation of amino acids and related compounds in relation to environmental stress in the biochemistry of plant. *Accademic press*: 609-630.
- [29].- Hadjadj S., 2009.- Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur des marqueurs biochimiques (proline et sucres solubles) de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Mémoire de Magister en Biochimie et Analyse des Bioproduits, Université KASDI Merbah- Ouargla (Algérie), 100 p.
- [30].- Tan W., Blake T.J., Boyle T.J.B., 1992.- Drought tolerance in faster- and lower-growing black spruce (*Picea mariana*) progenies: II. Osmotic adjustment and changes of soluble carbohydrates and amino acids under stress. *Physiol Plant*, 85 : 645-651.
- [31].- Albouchi A, Ghrir R, El Aouni Mh., 1997.- Endurcissement à la sécheresse et accumulation de glucides solubles et d'acides aminés libres dans les phyllodes d'*Acacia cyanophylla* Lindl. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 54 (2):155-168.
- [32].- Trotel P., Bouchereau A., Nigret MF., Larher F., 1996.- The fate of osmo-accumulated proline in leaf discs of Rape (*Brassica napus* L.) incubated in a medium of low osmolarity. *Plant. Sci.* 118: 31-45.
- [33].- Braun Y., Hassidim M., Lerner HR., Reinhold L., 1986.- Studies on H<sup>+</sup> translocating ATPase in plants of varying resistance to salinity I. Salinity during growth modulates the proton pump in the halophyte *Atriplex nummularia*. *Plant Physiol.*, 81(4): 1050-1056.