SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE _____ 1

CHAPITRE I.
GENERALITES SUR L'ARGANIER (*ARGANIA SPINOSA* L.)

I- PRESENTATION DE L'ESPECE _____ 3
I.1- TAXONOMIE _____ 3
I.2- ORIGINE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE _____ 3
I.3- CARACTERES BOTANIQUES ET DENDROLOGIQUES _____ 6
I.4- ECOLOGIE DE L'ARGANIER _____ 10
I.4.1- CONDITIONS CLIMATIQUES _____ 10
I.4.2- CONDITIONS EDAPHIQUES _____ 11
I.5- ECOPHYSIOLOGIE D'*ARGANIA SPINOSA* _____ 11
II- IMPORTANCE DE L'ARGANIER _____ 12
II.1- INTERET SOCIO-ECONOMIQUE _____ 12
II.2- INTERET ENVIRONNEMENTALE _____ 13
III- PRINCIPAUX ENNEMIS DE L'ARGANIER _____ 14
III.1- LES INSECTES RAVAGEURS _____ 14
III.2- LES MAMMIFERES _____ 15
III.3- LES MALADIES CRYPTOGAMIQUES _____ 15
IV- MULTIPLICATION DE L'ARGANIER _____ 15
IV.1- PROPAGATION GENERATIVE _____ 15
IV.2- PROPAGATION VEGETATIVE _____ 16
IV.2.1- TECHNIQUES CLASSIQUES _____ 16
IV.2.2- CULTURES *IN VITRO* _____ 19

CHAPITRE II.
COMPORTEMENT DES PLANTES VIS-A-VIS DU STRESS SALIN

I- INTRODUCTION _____ 20
II- STRESS SALIN _____ 20
III- CONSEQUENCES DE LA SALINITE SUR LA PLANTE _____ 21
III.1- ACTION SUR L'ABSORPTION _____ 21
III.2- EFFET SUR LA GERMINATION _____ 22
III.3- ACTION DU SEL SUR LA CROISSANCE ET LE DEVELOPPEMENT _____ 23
III.4- EFFET SUR LA PHOTOSYNTHESE _____ 24
IV- MECANISMES DE RESISTANCE A LA SALINITE _____ 24
IV.1- INCLUSION ET COMPARTIMENTATION DES IONS _____ 25
IV.2- EXCLUSION _____ 25
IV.3- AJUSTEMENT OSMOTIQUE _____ 25
V- BILAN ET OBJECTIFS DU MEMOIRE _____ 26

CHAPITRE III.
MATERIELS & METHODES

I- MATERIELS _____ 28
I.1- MATERIEL VEGETAL_____ 28
I.2- MATERIEL DU LABORATOIRE _____ 30
II- METHODES EXPERIMENTALES_____ 30
II.1- PREPARATION DU MATERIEL VEGETAL _____ 30
II.2- EFFET DU PRETRAITEMENT SUR LA GERMINATION_____ 31
II.3- EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE _____ 32
II.3.1- EFFET SUR LA GERMINATION _____ 32
II.3.2- EFFET SUR LA CROISSANCE _____ 32
III-EXPRESSION DES RESULTATS ET ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES ____34

CHAPITRE IV.
PRESENTATION DES RESULTATS

I- EFFET DU PRETRAITEMENT SUR LA GERMINATION_____ 35
II- EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE _____ 36
II.1- EFFET SUR LA GERMINATION _____ 36
II.2- EFFET SUR LA CROISSANCE _____ 39
II.2.1- EFFET SUR LES PARAMETRES BIOMETRIQUES_____ 39
II.2.2- EFFET SUR LA TENEUR EN PROLINE _____ 53

CHAPITRE V.
DISCUSSION DES RESULTATS

I- EFFET DES PRETRAITEMENTS SUR LA GERMINATION _____ 55
II- EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE _ _____ 56
II.1- EFFET SUR LA GERMINATION _____ 56
II.2- EFFET SUR LA CROISSANCE _____ 57
II.2.1- PARAMETRES BIOMETRIQUES_____ 57
II.2.2- TENEUR EN PROLINE _____ 60
CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES_____ 62
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES _____ 64

Liste des abréviations

TMG : Temps moyen de germination.

% TG : Taux de germination.

NaCl : Chlorure de sodium.

LT : Longueur de la tige

LR : Longueur de la racine

BSA : Biomasse sèche aérienne

BSR : Biomasse sèche racinaire

BST : Biomasse sèche totale

PFA : Poids frais aérienne

PFR : poids frais racinaire

MF : matière fraiche

DL : degré de liberté

SM : somme des carrées

INRA : institut nationale de la recherche Agronomique

UNITES :

m : mètre.

Cm : centimètre.

mm : millimètre.

C° : Degré Celsius.

MPa : Megapascale.

mM : Concentration massique.

$s.m^{-1}$: siemens par mètre.

g : Gramme.

mg : Milligramme.

g /l : Gramme par litre.

ha : Hectare.

Uf : Unité fourragère**.**

% : Pourcentage.

µg/gMF : microgramme par gramme de matière fraiche.

LISTE DES FIGURES

FIGURE1 : AIRE DE REPARTITION DE L'ARGANIER DE TINDOUF _____ 5

FIGURE2 :LOCALISATION DE L'ARGANERIE ALGERIENNE _____ 5

FIGURE3 :AIRE DE REPARTITION DE L'ARGANIER AU MAROC_____ 6

FIGURE 4 :ASPECT DES RACINES DE L'ARGANIER _____ 8

FIGURE 5: L'ARGANIER (*ARGANIA SPINOSA* L.)_____ 9

FIGURE.6: PLACE DE L'ARGANIER DANS LE CLIMAGRAMME PLUVIO-THERMIQUE ____ 11

FIGURE7 :D'EMBERGEREMISSION DES DRAGEONS (*FLECHE*) A PARTIR DES RACINES 16

FIGURE.8: MARCOTTE PROTEGEE CONTRE LE SOLEIL _____ 17

FIGURE.9: RESULTAT DU BOUTURAGE DES PLANTS D'ARGANIER _____ 17

FIGURE.10:GREFFAGE EN FENTE D'UN PLANT DE 8 MOIS _____ 18

FIGURE.12: ASPECT MORPHOLOGIQUE DES GRAINES D'*ARGANIA SPINOSA* L UTILISEES DANS L'ETUDE EXPERIMENTALE _____28

FIGURE.11: LOCALISATION DES STATIONS DE RECOLTE DES SEMENCES D'*ARGANIA SPINOSA* L. _____ 29

FIGURE.13:ASPECT DES GRAINES APRES L'ENLEVEMENT DE L'EPICARPE _____30

FIGURE.14:ORGANIGRAMME DES DIFFERENTS PRETRAITEMENTS APPLIQUES POUR L'AMELIORATION DU PROCESSUS GERMINATIF CHEZ L'ARGANIER _____ 31

FIGURE.15:PROTOCOLE EXPERIMENTALE DE L'ETUDE DE LA CONTRAINTE SALINE AU STADE GERMINATIF CHEZ L'ARGANIER _____32

FIGURE.16:TAUX DE GERMINATION D'*ARGANIA SPINOSA* L. SOUS L'EFFET DES DIFFERENTS PRETRAITEMENTS TESTES _____ 35

FIGURE.17:EFFET DE DIFFERENTS TRAITEMENTS SUR LA GERMINATION DES GRAINES D'ARGANIA SPINOSA L_____36

FIGURE.18:CINETIQUE DE GERMINATION SOUS L'EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE CHEZ LES TROIS PROVENANCES TESTEES D'*ARGANIA SPINOSA* L _____ 38

FIGURE.19:EFFET DE LA CONCENTRATION EN NACL (1 : TEMOIN ; 2 : 4G/L ; 3 : 8 G/L ET 4 : 16 G/L) SUR LA CROISSANCE DE LA PARTIE AERIENNE DES PLANTS ISSUS DES TROIS PROVENANCES _____ 40

FIGURE.20:VARIATION DE LA CROISSANCE EN LONGUEUR DE LA PARTIE AERIENNE ET DU SYSTEME RACINAIRE SOUS L'EFFET DE DIFFERENTES CONCENTRATIONS SALINES CHEZ LES TROIS PROVENANCES TESTEES D'*ARGANIA SPINOSA* L _____ 41

FIGURE.21:EFFET DE LA CONCENTRATION EN *NACL* SUR LE RAPPORT EN LONGUEUR *RACINE/ TIGE* DES TROIS PROVENANCES ETUDIEES D'*ARGANIA SPINOSA* L_____ 42

FIGURE.22: NOMBRE DES FEUILLES ET DES NŒUDS EN FONCTION DE L'INTENSITE DE STRESS CHEZ LES TROIS PROVENANCES TESTEES D'*ARGANIA SPINOSA* L _____44

FIGURE.23: ASPECTS DU FEUILLAGE DES PLANTS STRESSES A 16 G/L DE *NACL* _ 43

FIGURE.24: EFFET DE LA CONCENTRATION EN *NACL* SUR LE DIAMETRE MOYEN AU COLLET DE JEUNES PLANTS AGES DE 3 MOIS ET ISSUS DE 3 PROVENANCES DIFFERENTES D'*ARGANIA SPINOSA* L_____ 45

FIGURE.25: EFFET DES DIFFERENTS NIVEAUX DE STRESS SALIN SUR LE POIDS FRAIS DE LA PARTIE AERIENNE ET SOUTERRAINE DES JEUNES PLANTS D'ARGANIER _____ 47

FIGURE.26:POIDS SEC DE LA PARTIE AERIENNE ET DES RACINES EN FONCTION DE L'INTENSITE DU STRESS APPLIQUE _____ 50

FIGURE.27:EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE SUR LE RAPPORT DES BIOMASSES (PSR /PSA) CHEZ LES PROVENANCES ETUDIEES _____ 52

FIGURE.28 :VARIATION DE LA TENEUR EN PROLINE SOUS L'EFFET DE LA CONCENTRATION SALINE _____ 54

Liste des tableaux

TABLEAU.1- POSITION SYSTEMATIQUE DE L'ARGANIER (*ARGANIA SPINOSA* L) ___ _____3

TABLEAU.2-RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DES DONNEES RELATIFS A L'EFFET DU SEL SUR LA GERMINATION DES GRAINES DES TROIS PROVENANCES TESTEES D'*ARGANIA SPINOSA* L. _____37

TABLEAU.3- TAUX (*TG*) ET TEMPS MOYEN DE GERMINATION (*TMG*) DE TROIS PROVENANCES D'*ARGANIA SPINOSA* SOUS L'EFFET DES CONCENTRATIONS CROISSANTES DE *NACL*__37

TABLEAU.4-EFFET DE LA CONCENTRATION SALINE APPLIQUEE SUR LA PRODUCTION DES BIOMASSES SECHES AERIENNES ET RACINAIRES CHEZ LA PROVENANCE DE MERKALA48

TABLEAU.5-EFFET DE LA CONCENTRATION SALINE APPLIQUEE SUR LA PRODUCTION DES BIOMASSES SECHES AERIENNES ET RACINAIRES CHEZ LA PROVENANCE DE D'OUED EL-GAHAOUANE. _____48

TABLEAU 6 - EFFET DE LA CONCENTRATION SALINE APPLIQUEE SUR LA PRODUCTION DES BIOMASSES SECHES AERIENNES ET RACINAIRES CHEZ LA PROVENANCE DE D'OUED BOUYADHINE _____48

TABLEAU.7 : RESULTATS DE L'ANALYSE DE LA VARIANCE DES DONNEES RELATIFS A L'EFFET DU SEL SUR LE RAPPORT EN BIOMASSE SECHE DES TROIS PROVENANCES TESTEES D'*ARGANIA SPINOSA* L. _____51

TABLEAU 8- EFFET DE LA CONCENTRATION SALINE EN *NACL* SUR LA TENEUR EN PROLINE ENREGISTREE DANS LES FEUILLES DE TROIS PROVENANCES D'*ARGANIA SPINOSA* L. 53

INTRODUCTION GENERALE

Le développement durable d'un écosystème repose avant tout sur une gestion raisonnée de ses ressources naturelles : sol, eau et végétation. Or, les espèces forestières font partie des ressources naturelles que l'on doit protéger et mieux valoriser.

Dans plusieurs zones du globe terrestre, la salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation (MERMOUD, 2006).

Les zones arides et semi-arides couvrent une grande partie des pays de la frange méridionale du pourtour méditerranéen. Dans ces régions, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (ZID et GRIGNON, 1991).

L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à ce phénomène, où la sécheresse, observée depuis longtemps a conduit manifestement au processus de salinisation des sols sur 3,2 millions d'hectares affectés (BENMAHIOUL et *al*, 2009). Ces deux contraintes naturelles : sécheresse et salinité, ont modifié la stabilité des écosystèmes et sont en grandes partie les causes de la désertification des sols.

Pour pallier cette contrainte environnementale, diverses stratégies peuvent être adoptées, à savoir l'application des techniques de drainage des sels en excès. Cependant, ces méthodes sont très coûteuses et exigent un volume d'eau important pour lessiver ces sels (RHODES et LAVEDAY, 1990). De ce fait, l'introduction d'espèces végétales tolérantes aux stress abiotiques et de haute valeur socio-économique, constitue une des approches pour réhabiliter les sols salins. Le choix idéal d'une végétation appropriée à ces conditions, constitue la première étape pour résoudre le problème de la salinité. Parmi ces espèces, l'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, considéré comme relique de l'ère tertiaire, se trouve dans sa limite la plus extrême (Tindouf) en formant une population naturelle, c'est un arbre forestier " multi - usage". Chaque partie ou production de l'arbre (bois, feuilles, fruits et huile) est utilisable, et représente une source de revenue et de nourriture pour l'usager. En plus de son rôle économique, l'arganier joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique. Il permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. Ces derniers font de lui un arbre particulièrement intéressant pour le développement de ces zones arides (BEZZALA, 2005).

Compte tenu de l'importance de l'arganier et des multiples utilisations de ses composantes, plusieurs chercheurs marocains, ont tenté de connaître de près les spécificités propres à cette plante. Malheureusement, en Algérie, peu de travaux de recherche ont été effectué sur cette essence. Pour cela, notre contribution a un double objectif : d'une part la connaissance de l'arbre et de ses exigences en termes de germination et de multiplication afin de repeupler les zones dégradées et

Rapport-Gratuit.com

touchées par la salinité et la désertification et d'autre part, la détermination du seuil de tolérance de l'espèce au stress salin au stade germinatif et plantule.

Le mémoire que nous présentons se divise en deux grandes parties :

- ✓ La première est consacrée à une recherche bibliographique détaillée sur l'arganier, notamment ses exigences édapho-climatiques, ses intérêts écologiques et socio-économiques ainsi que les différents modes de sa propagation. Cette partie traite aussi le comportement des plantes vis -à-vis du stress salin.

- ✓ La seconde partie concerne l'étude expérimentale comprenant une description détaillée du matériel utilisé et les différentes techniques expérimentales adoptées, relatives à la germination des graines, relevés biométriques, analyse de la proline etc. ainsi qu'une présentation des résultats et leur discussion.

CHAPITRE I.
GENERALITES SUR L'ARGANIER (*ARGANIA SPINOSA* L.)

I- PRESENTATION DE L'ESPECE

I.1- Taxonomie

L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels) est la seule espèce de genre *Argania* de la famille des « sapotacées » et de l'ordre des « Ebénales » (**Tab. 1**).

Tab. 1- Position systématique de l'arganier (*Argania spinosa* L) (D'après Quezel et Santa, 1962)

❖ **Embranchement**	:	Spermaphyte
❖ **Sous-embranchement**	:	Angiospermes
❖ **Classe**	:	Dicotylédones
❖ **Sous-classe**	:	Gamopétales
❖ **Ordre**	:	Ebénales
❖ **Famille**	:	Sapotacées
❖ **Genre**	:	*Argania*
❖ **Espèce**	:	*Argania spinosa* L Skeels

L'Arganier en français tire son nom de l'arbre « Argan », l'origine du nom d'arabe se trouve probablement dans le mot « irgen » qui désigne en berbère « tachelhait », qui est le noyau en bois dur de fruit de l'arbre, d'où les berbères tirent une huile réputées « huile d'argan ».

Il existe deux formes d'arganier l'une dite pleureur, l'autre dressé (ROUHI, 1991) ceci supposerait l'existence de deux variétés, ou races biologiques au sein de l'espèce.

L'arbre présente une structure typique de dicotylédone, de la famille des « sapotacées », le genre « *Argania* » est très polymorphe, elle présente quelques analogie avec l'olivier. Cette représentation est la plus septentrionale d'une famille qui ne compte guère que des représentants tropicaux. Son aire de répartition pose problème, car l'arganier est séparé des autres arbres de sa nombreuse famille, par plusieurs milliers de Kilomètre (LEWALLE ,1991).

I.2- Origine et répartition géographique

L'arganier est un arbre endémique du Maroc et de l'Algérie (région de Tindouf). L'aire principale de répartition de cette plante se situe entre 29° et 32°de latitude Nord et des colonies isolées au Nord Est du Maroc (35° N, 3° W). (DEBBOU, 2003).

I.2.1- En Algérie

L'aire de répartition géographique de l'Arganier couvre un territoire relativement important dans le Nord-ouest de la wilaya de Tindouf où cet arbre constitue la deuxième essence forestière après l'*Acacia radianna*. (**Fig. 1**). Il forme dans ce territoire (Hamada de Tindouf), des populations dispersées, regroupées selon un mode contracté, le long des berges des oueds où il trouve les compensations hydriques nécessaires. L'Arganeraie de Tindouf formait, probablement, à l'origine

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRES

une même unité écologique avec celle du Maroc qui couvrait de vastes territoires (BENKHEIRA, 2009).

Selon KAABECHE *et al* (2010), l'aire de répartition de l'Arganier en Algérie englobe, au sein de la Hamada de Tindouf, le périmètre suivant (**Fig. 2**) :

- Au Nord-Ouest : les crêtes méridionales du djebel 'Tazout' et de djebel 'Ouarkaziz' ;
- Au Nord et au Nord-Est : les « Kreb », c'est-à-dire les revers rocheux de la Hamada ;
- A l'Ouest : l'extrémité occidentale du « Kreb el hamada » au dessus du plateau 'Merkala';
- Au Sud : la limite méridionale du plateau reliant la tour de 'Merkala' à la dépression de 'Touaref Bou-Aam' ;
- A l'Est : la haute vallée de 'Oued El-Ma' depuis sa jonction avec 'Oued El-Gahouane' jusqu'à sa source au niveau des contreforts du djebel Ouarkziz.

En plus de la région de Tindouf, l'arganier existe également dans la région de « *Stidia* » au plateau de Mostaganem et dans la région de « *Oggaz* »à Mascara (HAMIANI et BELAROUG, 2003)

I.2.2- Au Maroc

L'arganier occupe environ 830 000 ha dans le Sud-ouest marocain (M'HIRIT *et al*, 1998). C'est la deuxième essence forestière marocaine de point de vue superficie après le chêne vert. Selon PUMAREDA *et al* (2006) on peut constater deux formes d'arganeraie : Arganeraie-verger qui ne dépasse pas 100 cépées à l'hectare et l'Arganeraie-forêt pouvant atteindre 800 souches à l'hectare. Cette arganeraie marocaine se localise essentiellement dans le sud-ouest du royaume, le long du littoral océanique, depuis l'embouchure de 'oued Tensift' au Nord, jusqu'à l'embouchure de 'oued Draâ' au Sud (**Fig. 3**). L'Arganier se développe aussi dans la plaine de Souss, sur le versant sud du Haut Atlas occidental et sur les versants septentrionaux et méridionaux de l'Anti-Atlas occidental jusqu'à des altitudes de 1300-1500 m. Deux petites stations sont signalées dans la haute vallée de 'oued Grou' au Sud-Est de Rabat (EMBERGER, 1924) et dans le piémont Nord-Ouest des Béni Snassène, près d'Oujda. Ces deux stations, très isolées, résulteraient d'une dispersion assez récente probablement par l'homme (El MOUSADIK et PETIT, 1996).

Selon le Haut commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification marocain, cité par HAWA (2007), l'espace à arganier s'étale essentiellement sur le territoire des provinces d'Essaouira : 130 000 ha, Agadir : 37 000 ha, Chtouka Ait Baha : 90 000 ha, Tiznit : 140 000 ha, Taroudant : 360 000 ha. Et Inzeguane-Ait melloul : 13000 ha.

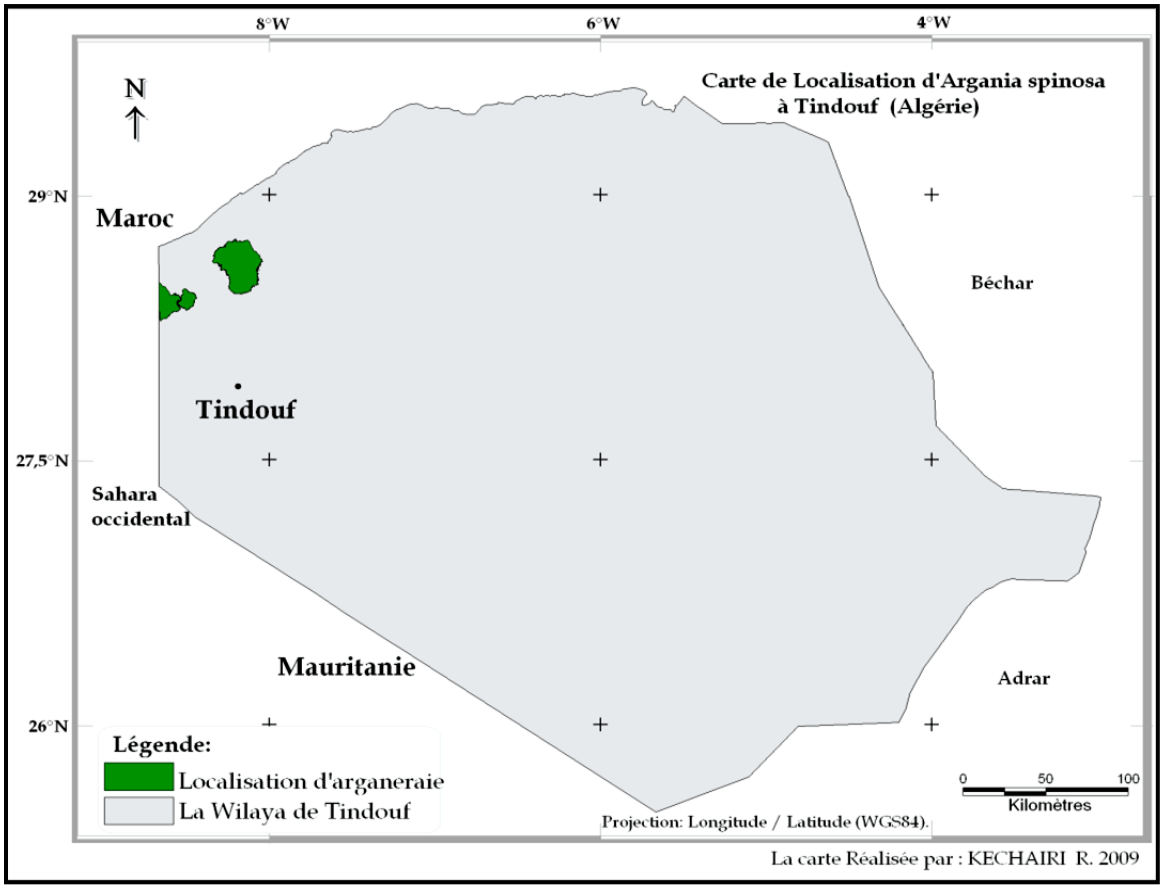


Fig.1- Aire de répartition de l'arganier de Tindouf (D'après KECHAIRI ,2009).

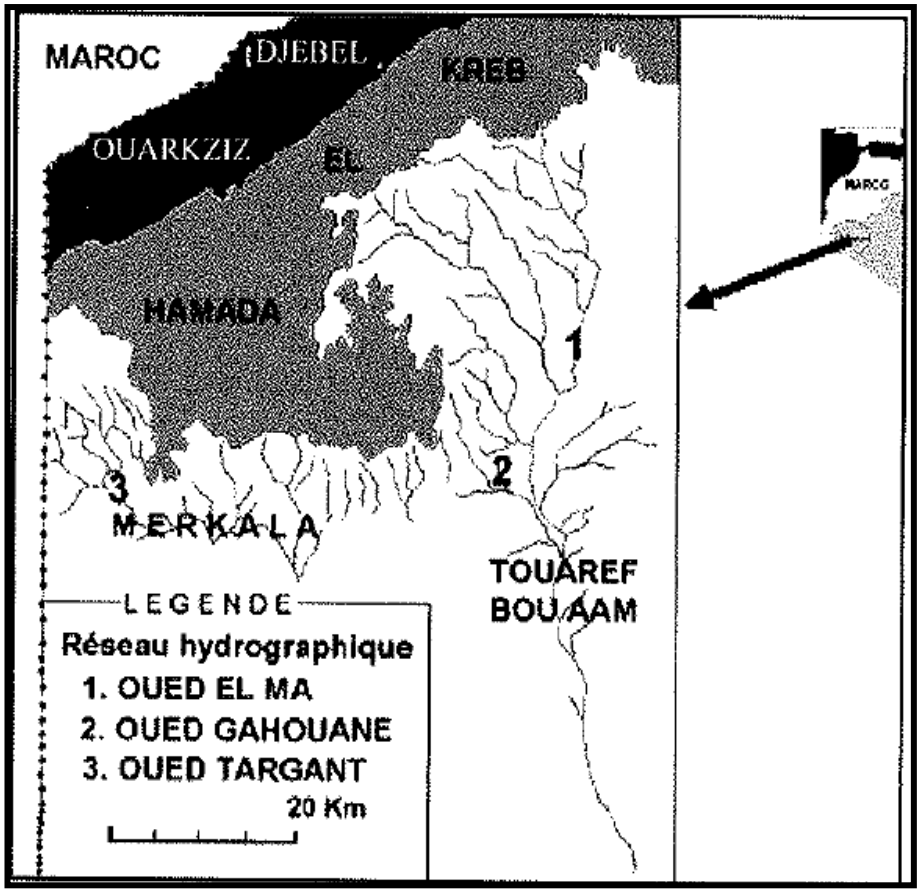


Fig.2- Localisation de l'Arganerie Algérienne (KAABECHE *et al*, 2010)

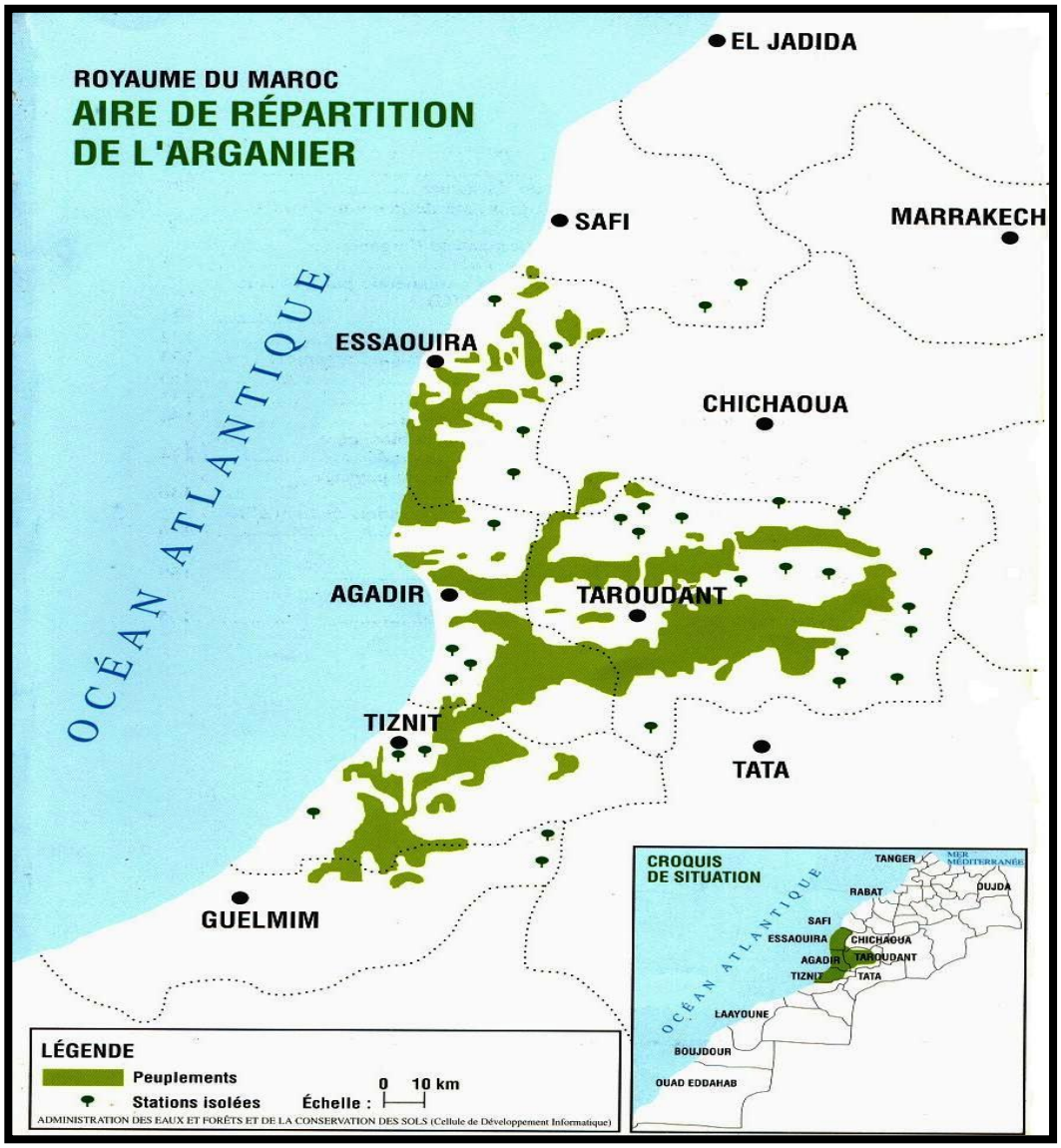


Fig. 3- Aire de répartition de l'arganier au Maroc (M'HIRIT *et al*, 1998).

I.3- Caractères botaniques et dendrologiques

L'arbre ressemble quelque peu à un olivier. Il atteint 8 à 10 mètre de haut et plus selon les conditions écologiques du milieu. Sa cime est très grande et étalée, dense et à contours arrondis en général. Son tronc est très vigoureux et court, il est constitué assez souvent par plusieurs tiges entrelacées provenant de la soudure de rejets très voisins ou de tiges issus d'un même noyau (BOUDY, 1952).

L'écorce de fut et des grosses branches est rugueuse, et présente un aspect du type « *peau serpent* ».

Les ramifications sont très denses et les extrémités des rameaux sont souvent épineuse (NOUAIM *et al*, 1991).

Le feuillage de l'arganier est persistant .Toutefois, en cas de sécheresse sévère et prolongée, l'arbre peut perdre ses feuilles entièrement ou partie (caractère d'adaptation assez poussé aux mauvaises conditions climatique ou stationnelles, telle que le déficit hydrique du substrat). Souvent réunies en fascicule, entières lancéolées, lancéolées –oblongues ou spatulées, atténuées ou plus ou moins nettement pétiolées, les feuilles sont vertes sombre à la face supérieure, plus claire en dessous, glabre, avec une nervure médiane très nette et des nervures latérales très fines et ramifiées (M'HIRIT *et al* ,1998).

L'arganier est une espèce monoïque, à fleurs hermaphrodites. Les inflorescences se présentent en glomérules axillaires, composées chacune de 5 sépales pubescents succédant à 2 bractées. La corolle en cloche est formée de 5 pétales, arrondis, blanc ; les étamines (5) sont à filets courts et portent une grosse anthère mucronée ou obtus. L'ovaire pubescent et supère est surmonté d'un style court et conique, également ou dépassant les étamines (M'HIRIT, 1987).

Chez l'arganier, on observe deux types de floraison : une floraison pauciflore, peu abondante, sur les rameaux âgés lignifiés ; c'est la première à être observée ; une floraison très abondante et plus tardive sur les nouvelles pousses (Ferradous *et al*, 1996, Bani-Aameur *et al*, 1999 ; Bani Aameur et Benlahbil, 1999 ; Bani-Aameur ,2000 *a*)

Les fleurs apparaissent dès la fin du mois de septembre sur les arbres précoces. Sur les arbres tardifs, la floraison démarre lentement à partir du mois de décembre. Le pic de la floraison tardive se situe en mars. Cependant chez certains arbres, la floraison peut s'échelonner sur presque toute la saison humide. Après chaque pluie, de nouvelles fleurs apparaissent ce qui se traduit par des fruits de tailles différentes sur le même arbre. La pollinisation anémophile à 80% et entomophile à 20% (THIERY, 1987).

Le fruit de l'arganier est une bais, de forme assez variable (ovale- arrondie, en fuseau court, ovale apiculé, etc.), de couleur verte à jaune claire, et dont la taille va de l'olive à la noix. Il se compose d'un péricarpe charnu et d'un noyau central très dur. Au centre du fruit se trouve une amande, qui est constituée d'un complexe de plusieurs graines concrescentes. Cette graine composée ne possède habituellement qu'un ou deux embryons; elle est albuminée et gorgée d'huile (NOUAIM *et al*, 1991).

La pulpe du fruit de l'arganier, appelée également péricarpe, est la partie la plus externe qui enveloppe la graine composée. Cette pulpe est charnue, amère mais très riche en glucides solubles ou facilement hydrosolubles. Elle contient également de la cellulose, des protides et des composés extractibles par le benzène, elle constitue un apport très important dans l'alimentation du bétail.

Suivant le degré de maturation du fruit, la pulpe change de couleur. Elle passe en effet, du vert au jaune veiné de rouge à la maturation puis au brun foncé une fois desséchée (SANDRET, 1957 *in* BENAOUF, 2009).

L'enracinement de l'arganier est très développé (**Fig.4)**. Il peut être traçant lorsque les roches dures s'opposent à son extension, ce qui lui permet de profiter même des faibles quantités de pluie (RIEDACKER *et al*, 1990).

Fig. 4- Aspect des racines de l'Arganier (BENAOUF, 2009)

Le bois de l'arganier est très compact, sans aubier, jaunâtre et lourd. Sa densité varie de 0,9 à 1, il fournit un excellent charbon (M'HIRIT *et al*, 1998).

L'accroissement en circonférence est très diffèrent selon les conditions du milieu. Il varie pour une période de 20 ans de 1,2 à 2,3 cm par an. L'accroissement en hauteur, durant la première période de 20 ans, est de l'ordre de 20 à 30 cm par an (M'HIRIT *et al*, 1998).

La longévité de l'arganier n'est pas connue avec précision. Toutefois, la résistance physiologique peu commune de l'espèce laisse croire que l'âge de l'arganier peut dépasser 200 à 250 ans voir plus après la coupe (M'HIRIT *et al* ,1998).

Fig. 5- L'Arganier (*Argania spinosa* L.)
(**A**) : Aspect de l'arbre ; (**B**) : Aspect du tronc et de l'écorce (**C**) : fruit avant maturation (cliché Ouled safi, 2012) ; (**D**) : Le feuillage; (**E**) : L'inflorescence (KECHAIRI, 2008 *in* BENAOUF, 2009) ; (**F**) : Graines

I.4- Ecologie de l’arganier

I.4.1- Les conditions climatiques

L’arganier est un arbre thermophile et xérophile, de bioclimat aride chaud et tempéré (le long du littoral et dans les plaines), à semi-aride chaud et tempéré (flancs du Haut Atlas et de l’Anti-Atlas), voire saharien plus au sud (**fig. 6**) (MSANDA *et al*, 2005). En pluviométrie, l'idéal pour l'arganier est une précipitation de 500 mm/an. Cependant une pluviométrie de 120 mm/an semble suffisante pour son développement dans certaines régions (NOUAIM *et al*, 1991). Dans les conditions où les précipitations sont largement inférieures à 100mm/an, l’arganier ne se localise plus que le long des cours d’eau temporaires où il utilise les eaux de ruissellement (MSANDA *et al*, 2005).

L’influence océanique adoucit le climat dans la zone d'extension de l'arganier, compensant ainsi l'aridité climatique. BENDAANOUN (1994) révélait que les précipitations occultes ainsi que certains facteurs de compensation ont une importance primordiale pour le développement de l'arganier; il en demeure que ces précipitations constituent un apport d'eau additif pour la végétation et atténuent les phénomènes d'évapotranspiration.

L'arganier craint le gel. En effet, il est chassé par les températures de 0°C prolongées et ne tolère des températures négatives que si elles sont de courte durée. Il ne se développe plus en dessous de l'isotherme 3,8°C (EMBERGER, 1960). En revanche, il supporte remarquablement bien les températures élevées. Celles-ci pouvant atteindre 50°C dans la région de Taroudant (THIERRY, 1987).

En altitude, c’est le froid qui détermine la limite supérieure de l’arganier. Cette dernière ce confond avec les basses neiges (EMBERGER, 1925), soit 900 m dans le haut Atlas (NOUAIM et CHAUSSOD, 1993) et 600m au Sud du Maroc (PELTIER, 1982).

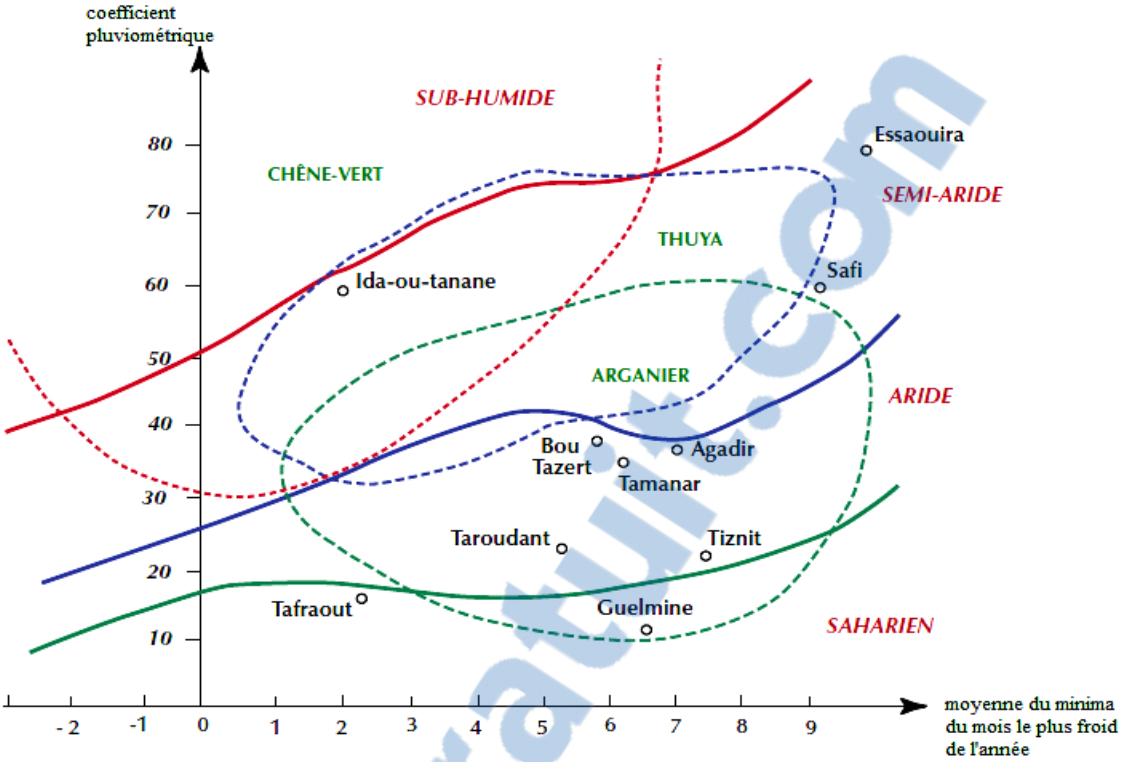


Fig. 6- Place de l'arganier dans le climagramme pluvio-thermique d'Emberger (MSANDA *et al*, 2005)

I.4.2- Les conditions édaphiques

L'arganier n'a aucune exigence vis à vis de la nature physico-chimique du substrat. Il se développe sur les substrats les plus variés à l'origine de nombreux types de sols : colluviaux, alluviaux, bruns, châtains, fersiallitiques, etc. (GHANEM, 1974 ; EL ABOUDI *et al*, 1992; MSANDA, 1993). Cependant, il ne s'accommode pas sur des sables mobiles. En effet, les racines de l'arganier en grande partie traçantes, supportent mal le décapage éolien (M'HIRIT *et al*, 1998)

I.5- Ecophysiologie de l'arganier

La physiologie de l'arganier n'a pas fait l'objet de beaucoup de travaux pour comprendre ses mécanismes internes qui contrôlent son développement, ce qui pourrait justifier sa plasticité et sa résistance face aux stress divers.

Les travaux récent sur l'écophysiologie de l'arganier sont dus à ALABOUDI (1990) *in* BEZZALA (2005), et conduisent aux résultats suivants :

- ✓ L'arganier a une résistance stomatique voisine de 200 $s.m^{-1}$, valeur habituelle chez les arbres, qui n'est ni particulièrement faible, comparativement aux arbres feuillus des régions tempérées (+ /-50 $s.m^{-1}$), ni particulièrement élevée comparée aux conifères ;

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- ✓ Les stomates s'ouvrent et se ferment principalement sous l'action de l'éclairement caractère ordinaire des espèces végétales ;
- ✓ La transpiration diurne entraîne la chute du potentiel hydrique foliaire ;
- ✓ Le potentiel hydrique foliaire, fortement corrélé à la transpiration, peut atteindre -3,5 MPa en milieu de journée. L'arganier tolère un tel potentiel sans fermeture stomatique, en revanche, si l'on suspend l'alimentation en eau coupant des rameaux, la fermeture des stomates est observée tandis que le potentiel hydrique foliaire tombe au dessous -3,5MPa ;
- ✓ Le système racinaire de l'arganier est très mal connu, en dépit de son importance pour l'alimentation en eau et en éléments minéraux de l'arbre. On sait que l'arganier possède un système racinaire de type pivotant, pouvant descendre à de grandes profondeurs ; des chiffres de l'ordre de 30 mètre ont été avancés. En outre, l'arbre possède un réseau dense de racines superficielles ayant une bonne capacité de renouvellement, des racines fines apparaissant après chaque épisode pluvieux. NOUAIM et PERRIN (1988) ont mis en évidence une symbiose racinaire de type endomycorhizienne. Cette dernière joue un rôle dans la résistance de l'arbre à la sécheresse et dans sa nutrition minérale (NOUAIM *et al*, 1990).

II- INPORTANCE DE L'ARGANIER

L'arganier est d'une importance capitale pour les zones qu'il occupe. En effet, il est à la fois un arbre forestier pouvant produire du bois, un arbre fourrager par ses feuilles et fruits qui constituent un grand apport dans le bilan fourrager, et un arbre fruitier par son fruit qui donne de la graine et la pulpe. Grâce à ces qualités, l'arganier joue des rôles importants que ce soit d'ordre économique, social ou environnemental.

II.1- Intérêt socio-économique

Malgré que les conditions naturelles dans les régions d'implantation difficiles du fait de la rareté de la pluie et de l'aridité de la zone, cet arbre offre pourtant des produits d'une importance significative dans l'économie (HAWA, 2007). Des études ont montré que l'arganeraie procure 7560000 journées de travail familial par an pour la seule opération d'extraction d'huile (EL OTMANI, 1986).

II.1.1- Production du bois

L'arganier fournit un bois dur, lourd et résistant. On l'utilise très peu comme bois d'ébénisterie à cause de sa dureté, mais largement comme bois d'œuvre pour la charpente des

habitats ruraux, la construction des instruments traditionnels agricoles ou dans d'autres objets de ménage (BENZIANE et El Yousfi, 1989).

II.1.2- Production pastorale

Les feuilles de l'arganier constituent un véritable pâturage suspendue pour les camelins et les caprins et la pulpe des fruits de l'arganier représentent également une source de nourriture pour les animaux, enfin le tourteau résidu d'extraction d'huile est utilisé pour l'alimentation des animaux comme complément énergétique pour l'engraissement des bovins (RADI, 2003).

La production pastorale moyenne de l'arganeraie est estimée à 200 UF/ha/an, soit près de 174 millions d'unités fourragères, équivalente à 1 740 000 quintaux d'orge (HAWA, 2007).

II.1.3- Production de l'huile

L'huile extraite de l'amande (Fruit de l'arganier) est non seulement comestible et d'un goût agréable, mais elle possède des propriétés diététiques très intéressantes, car constituée à 80 % d'acides gras insaturés dont une bonne proportion d'acide linoléique (RADI, 2003). Ces qualités diététiques en font une huile très recherchée, vendue nettement plus chère que l'huile d'olive, en raison notamment de sa rareté et des nombreuses heures de travail nécessaires à sa production.

En pharmacopée traditionnelle, l'huile d'argan est indiquée pour ces propriétés aphrodisiaques. Elle permet de lutter contre le vieillissement physiologique. Elle est aussi préconisée dans le traitement de l'acné juvénile et de la varicelle (TERFAS, 1997*in* Radi, 2003).

II.2. Intérêt environnemental

L'arganier joue un rôle vital dans la protection de l'environnement. L'Arganeraie constitue un rempart contre la progression du désert. En effet, la latitude géographique de cette espèce correspond théoriquement à un climat désertique. L'arganier est considéré dans les régions de l'extrême sud comme une ceinture verte contre la désertification (HAWA, 2007).

La fonction la plus simple et la plus classique est d'abord la protection du sol par l'ombre portée des cimes denses des arbres dans ces régions subdésertiques où l'ennemi principal de la végétation est la sécheresse et la dessiccation solaire .En montagne, l'arganeraie avec ses arbres, son sous-bois et sa couverture vivante, protège le sol contre le ruissellement. Elle favorise, ainsi, l'infiltration des eaux de pluies qui alimentent les nappes (M'HIRIT *et al*, 1998).

Enfin, de nombreux organismes vivants (faune, flore et microflore) sont directement liés à sa présence .La disparition de l'arganier entraînerait inéluctablement la disparition de plusieurs

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

espèces, provoquant une diminution de la biodiversité dans la région, d'où une réduction du patrimoine génétique, aussi bien pour l'arbre que les autres espèces animales, végétales ou microbiennes (RADI, 2003).

III. PRINCIPAUX ENNEMIS DE L'ARGANIER

Jusqu'à 1952, la littérature ne mentionne aucunes maladies cryptogamiques ou entomologiques causant des dégâts sur l'arbre. L'arganier semblait indemne de ravageurs seule la mouche des fruits *ceratitis capitata,* bien connue pour ces attaques sur les agrumes arrive à affecter les fruits de l'arbre.

Toutefois, en 1950, Rungs (*in* Thwys, 1988) adressés la liste des principaux ravageurs dans les forêts d'arganier (M'HIRIT *et al*, 1998).

III.1- Les insectes ravageurs

III.1.1- Les orthoptères

Lors de ses invasion périodique le criquet pèlerin (*Shistocerca gregaria Forsk)* consomme de façon importante les jeunes pousses Des dégâts sont à craindre dans les parcelles de régénération, sur les jeunes pousses des cépées.

III.1.2- Les coléoptères

Ce sont généralement des xylophages :

Les Anopiidae (*Gastrallus leavigattus DL*) : s'attaquent aux bois dépérissant surtout :

- ***Les bostrychidae*** : les troncs fraîchement coupés sont sujets aux dégâts importants causés par Sinoxylon *ceratoniae* L. Cependant ces attaques restent plutôt rares sur l'arganier.

Xylomedes coronata Mars est le plus redoutable ennemi du bois coupé d'arganier. Il se propage par le biais du bois de taille que les populations usagères utilisent pour les clôtures.

- ***Les cerambycidae*** : *Penichora fasciata Steph* consomme le bois mort, tandis que *Bolivarta oculata Esc.* parasite l'arbre en creusant des galeries dans le bois sain.

III.1.3- Les diptères

La mouche des fruits d'arganier (*ceratitis capitata*) constitue le ravageur le plus important. La mouche pond dans les fruits et les larves se développe aux dépend de la pulpe. Les fruits infectés mûrissent rapidement et tombent avant maturation. Cette mouche est souvent parasitée par un hyménoptère *Braconidae* (genre : *Opius*) ce qui peut ouvrir la voie à une lutte biologique contre cet insecte.

III.1.4- Les homoptères

Des cochenilles peuvent attaquer les feuilles qui jaunissent et tombent, mais ce sont des cas assez rares.

III.2- Les mammifères

Certains rongeurs, comme l'écureuil de barbarie, *Atlantoxerus gentulus* L, et le rat d'arganier peut causer des dégâts par la consommation des graines ou des amandes.

III.3- Les maladies cryptogamiques

Mise à part quelques lichens qui peuvent se développer sur le tronc des arbres proches du littoral, aucune maladie cryptogamique n'a été identifiée à ce jour.

IV- MULTIPLICATION DE L'ARGANIER

IV.1- Propagation par voie générative

La multiplication par graine est la méthode la plus utilisée pour reproduire les espèces forestières et l'arganier n'échappe pas à cette règle. Cette méthode, dite de reproduction sexuée, est caractérisée par une grande variabilité dans la descendance et ne permet pas ainsi la conservation des caractères**.**

La régénération par germination naturelle se fait par le biais des graines qui tombent sur le sol. Cette régénération nécessite, bien entendu, des conditions écologiques (climat et sol) appropriées pour la germination des graines. Par contre, l'installation des jeunes pousses, nécessite la présence d'une strate sous- ligneuse pour assurer leur protection et leur développement. Au niveau de son aire de répartition, l'aganier semble souffrir d'une absence quasi-totale de régénération naturelle sauf dans de très rares endroits localisés en bordure de cours d'eau, semblant profiter d'un maximum d'humidité (BENKHEIRA, 2009).

La production de plants en pépinière à partir de graine est actuellement pratiquée à grande échelle. Un simple pré-trempage des graines dans l'eau pendant trois ou quatre jours assure un pourcentage de germination élevé et l'élevage durant quelques mois donne des plantules de bonne qualité (NOUAIM et CHAUSSOD, 1993).

La germination et l'élevage des plants en pépinière ne posent pas de problèmes techniques, mais, la réussite de la transplantation est très faible. Une étude faite par HARROUNI et ses collaborateurs en 1995, a montré que le taux de reprise dépend des régimes hydriques en démontrant que l'irrigation continue, pouvait engendrer 50% de reprise au niveau des plants transplantés.

IV.2- Propagation par voie végétative

La multiplication végétative vise surtout la production en masse et assure la stabilité et le maintient de la conformité génétique des sujets sélectionnés (MARGARA, 1984). A cet effet, différentes méthodes sont appliquées (greffage, bouturage semi ligneux et micropropagation).

IV.2.1- Techniques classiques

Différentes méthodes de multiplication sont applicables à l'arganier

- *Le Drageonnage (Fig.7)*

Les recherches effectuées dans diverses forêts, ont montré que la capacité de drageonnage de l'arganier doit être faible, même si M'HIRIT *et al.* Signalent en 1998 que « *l'arganier ne se régénère ni naturellement par semis (exceptés quelques cas très rares), ni de façon artificielle (plantations). La régénération par rejets de souches après la coupe, et encore moins celle qui s'opère par le drageonnage ou le marcottage, ne peuvent en aucun cas assurer la pérennité à long terme de l'écosystème à arganier ».* Beaucoup de forestiers ont remarqué que dans un rayon de 0,5 à 3 mètres autour de certains troncs d'arganiers, on observe de multiples rejets adventifs issus de racines, mais aucune étude n'a été réalisée pour savoir si ces drageons forment de nouvelles racines et si pour leur alimentation ils sont indépendants de l'arbre mère (BELLEFONTAINE, 2006 *in* BELLEFONTAINE *et al*, 2009).

Fig.7- Emission des drageons (*flèche*) à partir des racines (BELLEFONTAINE *et al*, 2009)

- *Le marcottage (Fig.8)*

L'induction des racines chez les marcottes est très variable entre individus (variabilité génétique), selon le mode d'entretien (*taille*), de l'irrigation (*état physiologique de l'arbre*) et des conditions de protection (*type de substrat et couverture du manchon*). Selon BELLEFONTAINE *et al.* (2009), les premières marcottes formant des racines peuvent être observées trois mois après l'opération de marcottage.

Fig.8- Marcotte protégée contre le soleil (BELLEFONTAINE *et al*, 2009)

❖ *Le Bouturage (Fig.9)*

Le bouturage est une technique qui consiste à prélever une partie de plante (tige, feuille, racine) et de la mettre dans des conditions particulières pour qu'elle produit des racines et reconstituer ensuite un plant en conformité génétique avec le pied mère.

L'arganier peut se multiplie par bouture à partir de jeunes pousses. Il semblerait que les meilleurs résultats soient obtenus à partir de rameaux des feuilles prélevés après une période de sécheresse (HAFES, 1998 in BELLEFONTAINE *et al*, 2009).

Fig.9- Bouturage des plants d'arganier : (A) - irriguée, (B)- non irriguée après six mois (BELLEFONTAINE *et al*, 2009)

❖ *Le greffage*

Le greffage est beaucoup mieux adapté à l'arganier que le bouturage et le marcottage car, en plus de sa faisabilité pour conserver les performances des greffons (*clones sélectionnés*), il permet de garder les avantages du porte-greffe (racines longues permettant à l'arganier de puiser l'eau en profondeur) (MOKHTARI *et al* ,2002)

Selon, BELLEFONTAINE *et al* (2009) les types de greffes qui ont été essayés sur l'arganier sont :

- L'écussonnage ;
- Le greffage par approche sur arbre et sur jeunes plant de 6 et 8 mois ;
- Le greffage en fente apicale sur arbre et sur jeunes plants d'un mois, 6 mois et 8 mois (**Fig.10**).

Les travaux de NASSIRI, 2007 *in* BELLEFONTAINE *et al* (2009), ont révélé que la réussite du greffage en fente nécessite une humidité saturante (supérieur à 70%) et une température moyenne de 25°C, et qu'une élévation de la température à 29°C induit l'échec total du greffage ou bien à des pourritures des nouveaux individus.

MOKHTARI et ZAKRI (1998), ont révélé que le greffe en fente apicale simple et le greffe par perforation apicale ou perforation latérale sont les plus faciles et donnent les meilleurs résultats.

Le greffage de l'arganier a pour raisons de :

- ✓ Conserver les avantages offerts par le plant semis (racine profonds, la non transmission des virus). Ces critères ne peuvent être obtenue par bouturage ou marcottage ;
- ✓ Propager des clones qui ne peuvent pas être multiplié par d'autres méthodes végétatives ;
- ✓ Changer des plants indésirables déjà établis (greffage sur pied). Ceci peut aider à créer des zones d'arganier « fruitier ou ornemental », en fonction des caractères à l'intérêt d'usage ;
- ✓ Réunir les performances dans le plant greffé par la combinaison des caractères de résistance aux maladies et au stress, de vigueur et de productivité, à la fois du porte greffe et du greffon ;
- ✓ Changer les phases de croissance en vue d'accélérer l'entrée en maturité et d'augmenter son rendement quantitatif et qualitatif ;
- ✓ Domestiquer l'arganier en reproduisant certaines de ses performances (rendement, qualité des fruits et précocité, qualité esthétique, plants nains, plant sans épines, qualité médicinale).

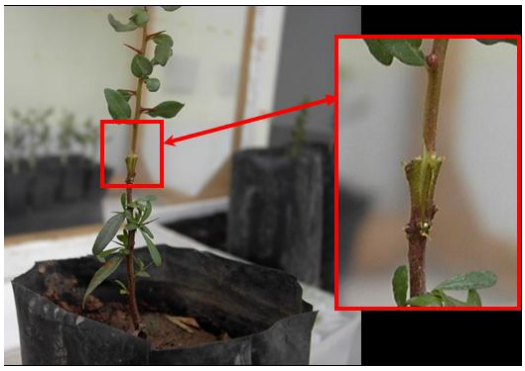


Fig. 10-Greffage en fente d'un plant de 8 mois (BELLEFONTAINE *et al*, 2009).

VI.2.2- Cultures *in vitro*

On appelle techniques *in vitro* un corpus de méthodes faisant intervenir d'une part des éléments d'asepsie et d'autre part impliquant la mise en place d'un environnement parfaitement contrôlables (milieu défini). Ces techniques consistent à cultiver des tissus ou des cellules dans des conditions totalement artificielles.

Dans le but de sélectionner des génotypes potentiels (résistant à la sécheresse et à la salinité, production d'huile et de fourrage, etc.) et pour une propagation en masse de l'arganier, KENNY (1998) a recommandé la multiplication *in vitro* comme alternative aux techniques de multiplication classiques. Plusieurs études ont été faites dans ce sens. THEWYS (1987), lors d'un essai préliminaire de régénération de plantules à partir de cals issus d'embryons zygotique ont trouvé que la croissance des pousses régénérées restait très faible et leurs feuilles jaunissaient et finissaient par chuter. NOUAIM (1994) a essayé le microbouturage à partir de semis juvéniles. Néanmoins un nombre très limité de semis expérimentés a enregistré des réponses favorables.

Quant à la micropropagation n'est opérationnelle que depuis 1990, date à laquelle les premiers arganiers sont sortis de tube à l'INRA de Dijon en France. La multiplication *in vitro* de plusieurs génotypes montre que l'effet clone est très important (RADI, 2003).

CHAPITRE II.
COMPORTEMENT DES PLANTES VIS-A-VIS DU STRESS SALIN

I- INTRODUCTION

La salinité est une caractéristique naturelle des sols, mais la salinisation est particulièrement causée par l'activité de l'homme. La salinité est par définition l'accumulation des sels solubles dans le sol ou sur sa surface. Au delà d'une certaine concentration, elle a par conséquent la dégradation des sols réduisant ainsi leurs rendements.

La salinité et la sécheresse constituent des contraintes majeures limitant considérablement la production végétale sur 40% de la surface terrestre, notamment en région méditerranéenne (FAO, 1988 *in* LEMZERI, 2006). Actuellement, 800 millions d'hectares de terres à travers le monde sont affectés par la salinité ; 397 millions ha sont salins et 434 ha sont salins et sodiques (FAO, 2005 *in* DIEDHIOU, 2006).

En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole et ligneuse.

L'Algérie, dont une grande partie des régions agricoles se caractérise par un climat aride et semi aride, est touchée par le problème de salinité. Selon SZABOLCS (1994), un milliard d'hectare est menacé dans le monde, dont 3,2 millions d'hectares dans ce pays (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

La salinité élevée cause plusieurs types de stress à la plante comprenant l'altération de l'absorption des éléments nutritifs, spécialement des ions K et Ca ainsi que l'accumulation des ions toxiques, particulièrement Na, stress osmotique et oxydatif (BELKHEIRI, 2009).

II- STRESS SALIN

Le stress salin est un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- (HOPKINS, 2003). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels potentiels hydriques. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (TREMBLIN, 2000).

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces (LEVIGNERON et *al*, 1995).

Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- *Le stress hydrique* : une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique.
- *Le stress ionique* : En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.
- *Le stress nutritionnel* : Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le sodium entre en compétition avec le potassium et le calcium, les chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate (LEVIGNERON *et al,* 1995).

III- CONSEQUENCES DE LA SALINITE SUR LA PLANTE

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont surtout l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (ZID, 1982).

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (GILL, 1979; ELMEKKAOUI, 1990 et BOUKACHABIA, 1993), particulièrement la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité: c'est le cas du riz (KHAN et *al*, 1997) et de la pomme de terre (BOUAZIZ, 1980 *in* BABA- SIDI- KASSI, 2010).

III .1- Action sur l'absorption

Chez les végétaux stressés par le sel, les concentrations des solutés organiques et inorganiques varient, selon les espèces, l'âge de la plante et le traitement salin. Chez les plantes cultivées sur milieu témoin sans sel, la concentration totale de la solution foliaire en solutés organiques tend à diminuer avec l'avancement en âge des plantes ; alors qu'un effet opposé est noté pour la concentration inorganique totale de la feuille (RAHMOUNE *et al,* 1997 ; BEN NACEUR *et al,* 2002).

La sensibilité à la salinité des espèces végétales est due notamment à l'absorption et à l'accumulation d'une quantité relativement élevée de (Na^+) et (Cl^-) au niveau des feuilles (BELL,

Rapport-Gratuit.com

1999 ; CIÇEK *et al.* ,2002). La grande accumulation de Cl^- dans les feuilles peut contribuer au maintien d'un gradient osmotique en condition de salinité modérée. C'est au niveau des feuilles que se visualise le plus l'effet toxique des ions chlorures. Les dégâts observés sur la végétation sont dus à la toxicité des chlorures (Cl^-) et non aux ions sodium (Na^+) qui sont généralement inoffensifs vis-à-vis de la plupart des plantes, et la surface foliaire nécrosée est souvent directement proportionnel à l'accumulation des chlorures (GARREC *et al*, 1989).

En présence du sel, l'absorption des cations Na^+, Ca^{2+} et Mg^{2+} dépasse souvent celle des anions Cl^-, PO4- et NO_3 ; ce qui engendre ainsi un déficit anionique pour le végétal. Dans les feuilles, les Chlorures (Cl^-) sont toujours accumulés proportionnellement à la teneur globale en sel et en plus grande quantité que le Na^+ (RAHMOUNE *et al*, 1998,2000). Le chlore, en entrant en compétition avec le NO_3, inhibe dans les plantes sensibles aux sels l'absorption et le transport à longue distance de cet anion vers les parties aériennes et engendre ainsi une carence nutritionnelle qui est estimée, par la différence entre la teneur globale en cations majeurs Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+} et Na^+ et la teneur en Cl^- (SLAMA, 1986).

III.2- Effet sur la germination

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (GUTTERMAN, 1993 *in* NDOUR et DANTHU, 2000). Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (BOULGHALAGH *et al*, 2006). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (MAILLARD, 2001). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (UNGAR, 1978 et KABAR, 1986 in DEBEZ *et al*, 2001). Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces (NDOUR et DANTHU, 2000; BOUGHALAGH *et al*., 2006, BENATA *et al*., 2006), même chez des plantes halophytes (DEBEZ *et al*., 2001; BAJJI *et al*., 2002; BELKHOJA et BIDAI, 2004; et RAHMOUNE *et al*., 2008). Des travaux effectués sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du *NaCl* sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine (KATEMBE *et al*., 1998 *in* DEBEZ *et al*., 2001).

La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique :

- *Les effets osmotiques* se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination ;
- *Les effets toxiques* sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (REJILI et *al*, 2006).

III.3- Action du sel sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (BOUAOUINA *et al*, 2000). La salinité des sols et des eaux demeure, pour les régions arides et semi arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux.

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (LEVIGNERON *et al*, 1995).

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (RUSH et EPSTEIN , 1981). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na^+ et Cl^-), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (GREENWAY et MUNNS, 1980 ; LEVIGNERON *et al*, 1995). Une réduction de la croissance de la partie aérienne est la première réponse observée des glycophytes à l'augmentation de la salinité au niveau des racines. Il s'agit de l'effet destructif le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité.

Il s'est avéré aussi que les feuilles sont les tissus les plus sensibles de la plante à une salinité excessive, par contre la croissance des racines s'en trouve faiblement affectée (BENMAHIOUL *et al.*, 2009). Ainsi, le chlorure de sodium inhibe la croissance des racines des glycophytes, qu'elles soient réputées très sensible à la salinité, moyennement sensible ou plutôt tolérantes (LEMZERI, 2006). Néanmoins, cette inhibition est généralement moins marquée que celle des parties aériennes. C'est ainsi qu'une concentration élevée de sodium (Na^+) et des chlorures (Cl^-) peut être toxique aux plantes avec pour résultat une inhibition de la croissance (GREENWAY et MUNNS, 1980).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Une grande partie des pertes de croissance est aussi attribuée à l'accumulation ionique au niveau des feuilles. Cette accumulation est alors capable de gêner et de troubler l'activité enzymatique et les processus métaboliques ainsi que les microstructures des feuilles. La croissance peut être freinée au milieu salin par un approvisionnement limité en éléments minéraux indispensables tels que le potassium (K^+) et les nitrates (NO_3^-). BOIS (2005), confirme que la réduction de l'absorption des ions (NO_3^-) est à l'origine de la diminution de la croissance. Alors, la croissance des espèces végétales est ralentie lorsque la concentration saline du milieu externe dépasse 100 mM, et la salinité devient létale à partir de 300 mM (GREENWAY et MUNNS, 1980).

La salinité influe également sur la croissance et la qualité des fruits dont l'aspect fruits plus petits et nécrosés, et la qualité organoleptique sont modifiés (MIZRAHI *et al*, 1985 *in* LEVIGNERON *et al*, 1995). La production totale des fruits de plusieurs espèces et le poids moyen des fruits diminuent linéairement avec l'augmentation de la salinité. Normalement, l'obtention des fruits avec nécrose apicale est attribuée à un déséquilibre de Ca^{2+} et / ou à un stress hydrique.

III.4- Effet de la salinité sur la photosynthèse

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante. Cette réduction et due aux effets complexes d'interactions osmotiques, ioniques, et nutritionnelles (BINAIRE, 1997 *in* RASANEN, 2002). La présence du chlorure de sodium dans le sol a généralement pour effet de réduire l'intensité de la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en l'absence de toute diminution de la turgescence. GREENWAY et MUNNS (1980) suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « *Feed-back* » une réduction de la capacité photosynthétique. Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de *NaCl* dans le milieu de culture entraîne une augmentation d'une part de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et d'autre part des vitesses d'ouverture des stomates.

La photosynthèse étant réduite chez les plantes cultivées en milieu salin. MUNNS (1993) a tout d'abord pensé que cet effet dépressif serait à l'origine de la diminution de la croissance. Toutefois, comme cette croissance diminue plutôt que la photosynthèse et, à long terme, elle décline davantage que cette dernière ; il a alors considéré que l'accumulation de carbone par les plantes serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire plutôt que du taux de la photosynthèse.

Le sel peut également provoquer la modification de la densité des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes, ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone (LEVIGNERON *et al*, 1995).

IV- MECANISMES DE RESISTANCE A LA SALINITE

Une plante cultivée sur sol riche en sel doit faire face à sa pénétration dans ses tissus celui là est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires. Les ions chlorure (Cl^-) et sodium (Na^+) pénètrent via les racines, transportés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là ils se trouvent soit stockés (plantes de type includer), les feuilles sont riche en (Na^+) que les tiges et les racines et le mécanisme de tolérance au sel est dû à la compartimentation des ions toxiques en particulier l'ion sodium dans la vacuole ; soit au contraire ils sont très peu retenus dans leurs feuilles (plantes de type excluder) et cette accumulation décroît selon la séquence racines-tiges feuilles et ces ions sont alors revéhiculés par la sève phloèmique jusqu'aux racines (LEVIGNEON *et al.*, 1995).
Deux types de comportement ont pour effet d'éviter la saturation en sel :

IV.1- Inclusion et compartimentation des ions

La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aériennes), les tissus (épiderme/mésophile), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (OUERGHI *et al*., 1998). L'inclusion et la compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008 *in* BOUCHOUKH I., 2010). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (SENTENAC et BERTHOMIEU, 2003).

Aussi, la vacuole se chargerait-elle en sodium grâce à l'action d'un antiport sodium-proton Na^+/H^+, lequel serait entretenu par le fonctionnement accéléré des pompes à proton Na^+/H^+. L'existence d'un système d'échange Na^+/H^+ est largement signalé. Il est alors admis que c'est la performance de stocker le sel dans les parties aériennes qui est déterminante dans le niveau de tolérance au sel des espèces.

IV.2- Exclusion

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de ré excréter les ions Na^+ (GENOUX et *al,* 2000).

Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive du sel par son exclusion du sel au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. Dans ce cadre, la sortie de Na^+ des vaisseaux du xylème en échange d'une entrée de K^+ venant des cellules parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (LUTTGE et *al.*, 2002).

IV.3- Ajustement osmotique

Face à l'augmentation des forces de rétention de l'eau dans un sol en cours de dessiccation, un ajustement osmotique peut se manifester, mais à des degrés variables, chez la plupart des végétaux. Les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. Ces solutés ont des propriétés physiques et biologiques compatibles, même à forte concentration, avec les fonctions métaboliques (TAHRI *et al*, 1998).

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence. L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité. Les différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, proline et sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes (EL MIDAOUI *et al,* 2007).

L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique qui s'exprime par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active des ions tels que les K^+, Na^+ et Cl^- ou des composés organiques tels les sucres solubles (fructose, glucose, tréhalose, raffinose, fructanes) et certains amino-acides (proline, glycine bétaïne, ß-alaninebétaïne, prolinebétaïne). Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Son rôle d'osmoticum a été rapporté par de nombreux auteurs. L'accumulation de la proline, induite

par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires: stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. La proline serait synthétisée à partir de l'acide glutamatique via l'acide 5 carboxylique 1 pyrroline (P5C), mais également via l'arginine et l'ornithine (TAHRI *et al*, 1998).

V-BILAN ET OBJECTIFS DU MEMOIRE

L'étude bibliographique relative à plusieurs domaines concernant l'arganier, nous a permis d'abord de mettre en évidence son importance socio-économique et écologique et les principales méthodes de sa propagation.

Puisque la tolérance à la sécheresse et à la salinité est une caractéristique complexe qui implique beaucoup de mécanismes d'interactions, il est important d'étudier le comportement physiologique des plantes pour connaître les réponses de quelques clones aux différents stress qui peuvent être plus ou moins semblables à ceux présents dans les terrains des zones arides et semi-arides.

Le stade 'germination' est souvent limitée par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (KATEMBE *et al* ,1998). Jusqu'à présent, des études comparatives de différentes provenances d'arganier vis à vis de ce stress abiotique sont rares.

Ainsi, nous avons entrepris ce travail avec pour objectifs principaux :

- La détermination du seuil de sa tolérance de l'Arganier au sel (*NaCl*) au stade germinatif en suivant le cinétique de germination, et plantule en mesurant quelques caractères biométriques afin d'utiliser cette plante dans les programmes de réhabilitation et de valorisation des zones touchées par la salinisation.

- La sélection de quelques clones en vue de les propager et les utiliser dans les programmes de lutte contre la dégradation environnementale des zones arides et semi-aride.

CHAPITRE III.
MATERIELS & METHODES

I. Matériels

I.1. Matériel végétal

Tout le matériel végétal utilisé dans ce travail expérimental appartient à l'espèce *Argania spinosa* L. Il a été récolté de 3 stations différentes situées dans la wilaya de Tindouf (Fig.**11**) : Merkala, Oued-Bouyhadine, Oued El-Gahouane, L'ensemble de ces régions donatrices appartient à l'étage bioclimatique aride. Les graines ont été récoltées à maturité (au mois d'Août 2012) sur des pieds élites puis nettoyées et conservées à la température du laboratoire.

L'observation visuelle des graines des 3 provenances étudiées a relevé une grande diversité morphologique. En effet, un échantillon de dizaine de graines issu de chaque région, illustre parfaitement l'existence de diverses formes et couleurs des graines (Fig. **12**).

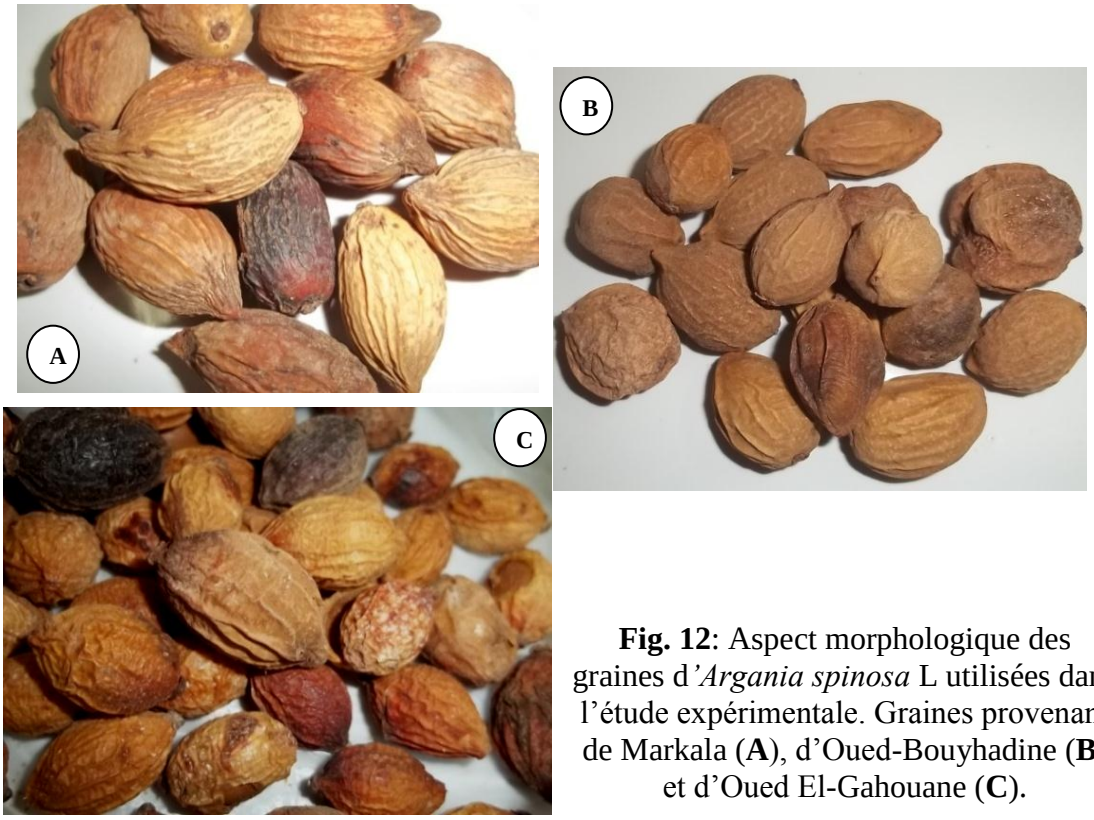


Fig. 12: Aspect morphologique des graines d'*Argania spinosa* L utilisées dans l'étude expérimentale. Graines provenant de Markala (**A**), d'Oued-Bouyhadine (**B**) et d'Oued El-Gahouane (**C**).

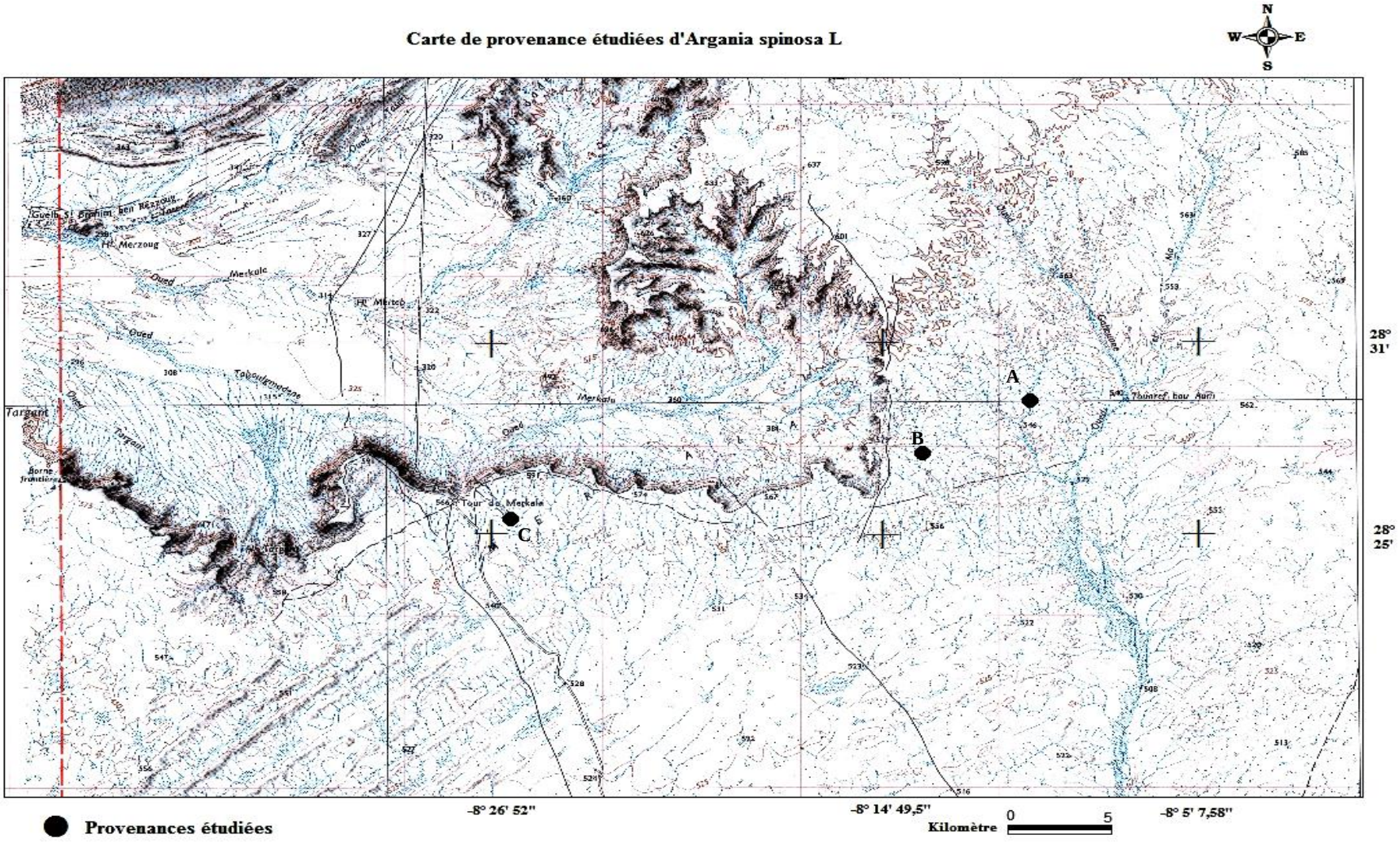


Fig.11- Localisation des stations de récolte des semences d'*Argania spinosa* L.

(A): Oued El-Gahaouane ;(B): Oued-Bouyadhine ;(C):Merkala

I.2. Matériel du laboratoire

Le matériel du laboratoire utilisé pour effectuer les tests de germination et de biométrie sur semis est le suivant :

- Etuve **(**WTB Binder**)** réglée à 27°C
- Balance de précision **(**Adventurer OHAUS**)**
- Boîtes de Pétri en verre de 9 cm de diamètre.
- Sachets en plastique pour la production de plants (H=15cm×Ø= 5cm)
- Règle graduée
- Pied à coulisse à affichage numérique (Digital)
- Tubes en verre
- Vortex
- Colorimètre
- Agitateur magnétique

II. Méthodes expérimentales

II.1. Préparation du matériel végétal

Après élimination de l'épicarpe, les semences (Fig. **3**) ont été placées dans des sachets en plastiques puis conservées au laboratoire, dans les conditions ambiantes et à l'abri de la lumière jusqu'à leur utilisation.

Fig.13- Aspect des graines après l'élimination de l'épicarpe (**A**) : Merkala ;(**B**) Oued-Bouyhadine ;(**C**) : Oued El-Gahaouane

II.2. Étude de l'effet du prétraitement sur la germination

Les téguments des graines d'*Argania spinosa* L ont une structure anatomique typique, dure qui se traduit par une forte inhibition tégumentaire de la germination. Afin de déterminer les conditions optimales de germination, nous avons, dans un premier temps, effectué des essais préliminaires faisant appel à l'eau tiède et à l'eau oxygénée (10 volumes). La figure 14 illustre les différents prétraitements testés.

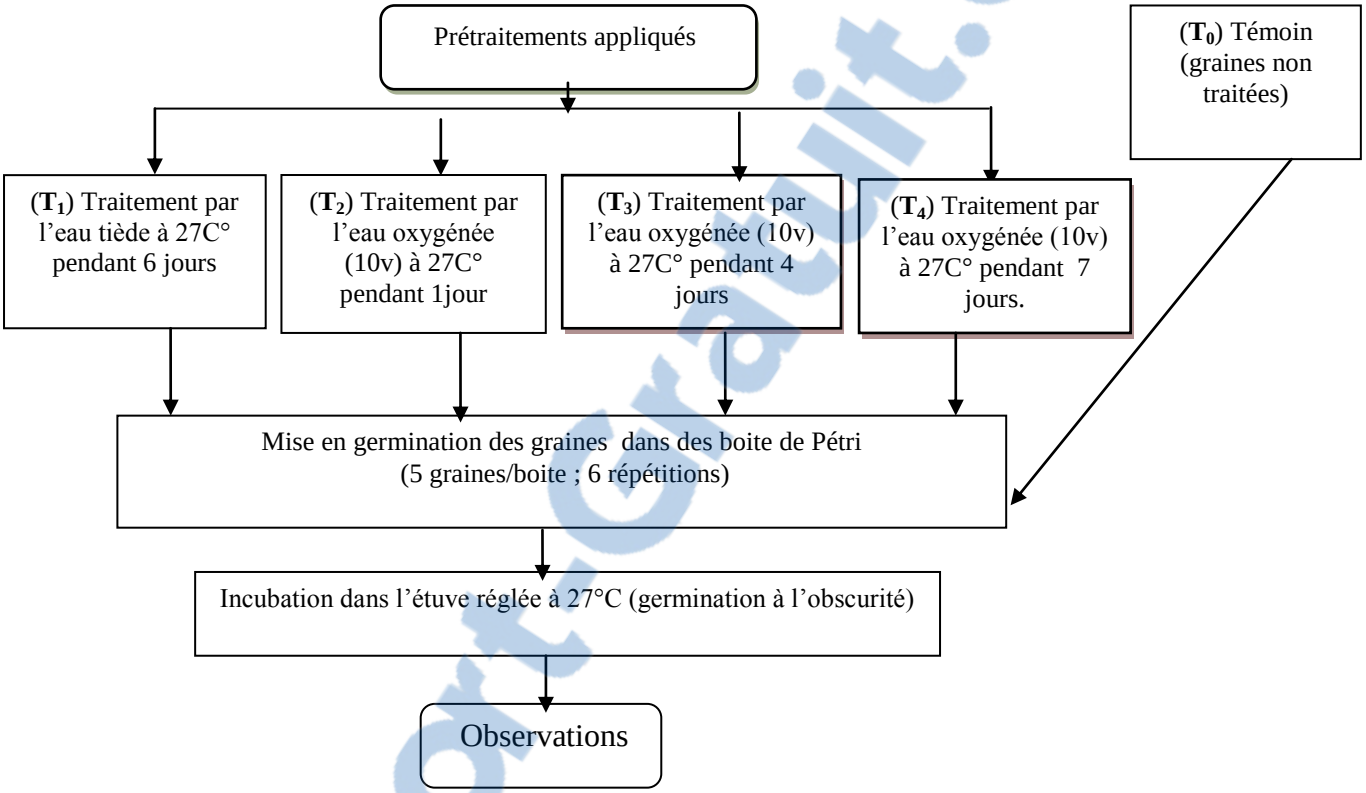


Fig.-14-: Organigramme des différents prétraitements appliqués pour l'amélioration du processus germinatif chez l'arganier.

Les tests de germination ont été effectués à l'obscurité dans une étuve réglée à 27°C. Les graines prétraitées et du lot témoin sont placées dans des boîtes de Pétri en verre de 9 cm de diamètre, doublement tapissées de papier filtre imbibé d'eau distillée. 30 graines d'arganier ont été testées pour chaque prétraitement. Les graines sont dénombrées quotidiennement durant 28jours. L'émergence de la radicule étant l'indicateur de la germination.

II.3. Etude de la contrainte saline

II.3.1. Effet du sel sur la germination

Dans le but d'étudier l'effet du sel sur la germination des semences d'*Argania spinosa* L issues des 3 provenances (Merkala, Oued-Bouyhadine, Oued El-Gahouane,) différentes concentrations salines ont été testées (fig. 15). Après leur traitement par l'eau oxygénée (10v) à 27C° pendant 4 jours (définit précédemment comme traitement fiable), les graines

Rapport-Gratuit.com

mises en germination dans des boites de Pétri en verre doublement tapissées de papier filtre, ont été arrosées avec différentes concentrations de *NaCl* : 0 ; 4 ; 8 ; et 16 g/l. Ces différents lots expérimentaux ont été placés par la suite dans l'étuve obscure réglée à 27°C.

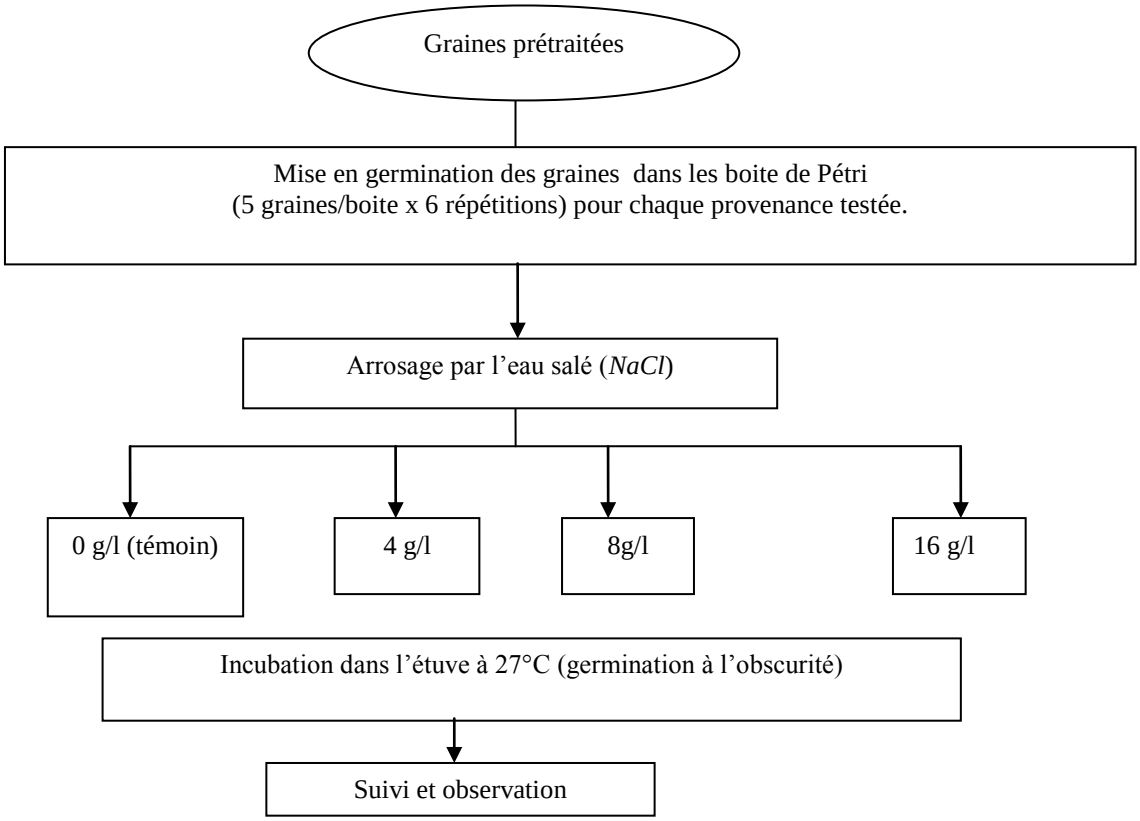


Fig. 15-Protocole expérimentale de l'étude de la contrainte saline au stade germinatif chez l'arganier (*Argania spinosa* L.)

II.3.2. Effet du sel sur la croissance

Les graines pré germées sont repiquées individuellement dans des sachets en plastique (15 cm de hauteur et de 5 cm de diamètre, perforés) remplis d'un mélange de sable et de tourbe (1/1 v/v). Les plantules ont été arrosées 2 fois par semaine avec l'eau ordinaire jusqu'à atteindre le stade de quatre feuilles, stade à partir duquel, le sel a été appliqué pendant deux mois en arrosant avec des doses croissantes de *NaCl* (0 ; 4 ; 8 et 16 $g.L^{-1}$). Le nombre des plants utilisés : (4 doses x 3 provenances x 8 répétitions) = 96 plants.

Il est difficile de suivre le comportement d'une plante à partir d'un seul paramètre. En effet le suivi du comportement des plantes vis-à-vis du stress salin a été basé sur certains paramètres morphologiques et physiologiques.

a)- Paramètres morphologiques

La réponse des plantules au stress salin a été évaluée grâce aux paramètres d'appréciation suivants :

- La longueur et le diamètre de la tige ainsi que le nombre moyen des feuilles et de nœuds par tigelle. L'effet de la contrainte saline sur la croissance du système racinaire a été analysé à la fin de l'expérimentation, après 2 mois environ de stress.
- Les biomasses des organes aériens et racinaires ont été mesurées par la masse de la matière fraîche (**MF**) puis sèche (**MS**) après séchage de 48 h à l'étuve réglée à 65°C. Les pesés ont été effectuées grâce à une balance de précision (Adventurer OHAUS) et sont exprimées en **g**.

b)- Paramètre physiologique (dosage de la proline)

La proline est dosée selon la technique utilisée par TROLL et LINDESLY (1955) simplifiée et mise au point par DREIER et GORING (1974) et modifiée par MONNEVEUX et NEMMAR (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

100 mg de matière fraîche sont prélevés de chaque répétition et mis dans des tubes à essais auxquels on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min. Après refroidissement, 1 ml de l'extrait a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique. Ensuite, nous avons ajouté, dans chaque tube, 1 ml de mélange contenant 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4, densité 1,7) et 25 mg de ninhydrine. Le mélange est porté à l'ébullition durant 30 min. La solution vire vers le rouge. Après refroidissement des solutions, le chromatophore est extrait avec 5 ml de toluène. Deux phases se séparent après agitation au votrex. On prélève la phase supérieure contenant le chromatophore à la qu'elle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium oxydé Na_2 SO_4 à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. La lecture de la densité optique des échantillons est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm, correspondant à son maximum d'absorption.

Le calcule des concentrations se fait par l'équation déduite de la courbe d'étalonnage établie à l'aide de solutions allant de 0,01 à 0,2 mg de proline par ml de solution.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

III. Expression des résultats et analyse statistique des données

Les résultats sont exprimés sous forme de taux de germination (***% G***) et temps moyen de germination (***TMG***). Ce dernier est calculé par la formule suivante :

$$TMG = N_1T_1 + N_2T_2 + \ldots\ldots\ldots + N_iT_i \;/\; N_1 + N_2 + \ldots N_i$$

Où N_1 est le nombre de graines germées en temps T_1 et N_2 le nombre de semences ayant germées entre le temps T_1 et T_2 (Côme, 1970).

Les pourcentages de germination pour un lot expérimental donné correspondant au rapport suivant :

(Nombre de graines germés/ Nombre total des graines mises à germer) x 100

Les résultats sont soumis à une analyse statistique descriptive et une analyse de la variance à un ou deux facteurs fixes de classification. Les histogrammes présentés, rejoignent des valeurs moyennes encadrées par leurs écart- type, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls (DAGNELIE, 1999), basée sur la plus petite valeur significative, utilisant le logiciel MINITAB 16. On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$.

CHAPITRE IV.
PRESENTATION DES RESULTATS

I. Effet du prétraitement sur la germination

La figure **16**, illustrant les variations des taux de germination en fonction des différents prétraitements étudiés durant 28 jours, montre que le trempage des graines dans l'eau oxygénée ou l'eau tiède permet d'avoir des taux de germination élevés comparativement au témoin.

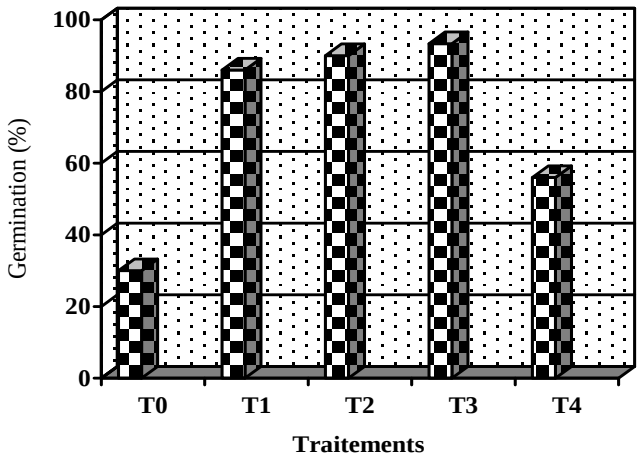


Fig. 16- Taux de germination d'*Argania spinosa* L. sous l'effet des différents prétraitements testés **T_0** : Témoin ; **T_1** : Traitement par l'eau tiède à 27°C pendant 6 jours ; **T_2** : Traitement par l'eau oxygénée tiède à 27°C pendant 1jour ; **T_3** : Traitement par l'eau oxygénée tiède à 27°C pendant 4jours ; **T_4** : Traitement par l'eau oxygénée tiède à 27°C pendant 7jour.

a)- Prétraitement des graines par l'eau tiède

Comparativement au témoin, le trempage des graines dans l'eau tiède à 27°C pendant 6jours a amélioré la germination chez l'arganier (Fig. 17A). En effet, ce traitement a donné un taux de germination de 86% contre uniquement 30% enregistré avec le lot témoin.

b)- Prétraitement des graines par l'eau oxygénée tiède

Les résultats de ce prétraitement ont montré que le trempage des graines dans l'eau oxygénée (10v) tiède à 27°C pendant 4jours a significativement amélioré le nombre de graines germées comparativement aux autres traitements testés (Fig. 17B). En effet, au bout de 8 jours nous avons enregistré des taux de germination qui sont de l'ordre de 46,7 et 53,3% pour les graines trempées dans l'eau oxygénée pendant respectivement 1 et 4 jours. La germination est achevée après uniquement 18 jours et les taux finaux de germination ont oscillé entre 90 et 93,33 %.

Nous signalons que la prolongation de la durée de trempage dans l'eau oxygénée tiède pendant 7 jours a entraîné une nette régression du taux germinatif qui ne dépasse pas les 56%.

Il est vraisemblablement que ce type de traitement (contacte prolongé avec l'eau oxygénée) exerce un effet dépressif voir létal sur les graines de l'arganier qui se traduit par un blocage de leur germination (Fig. 17C).

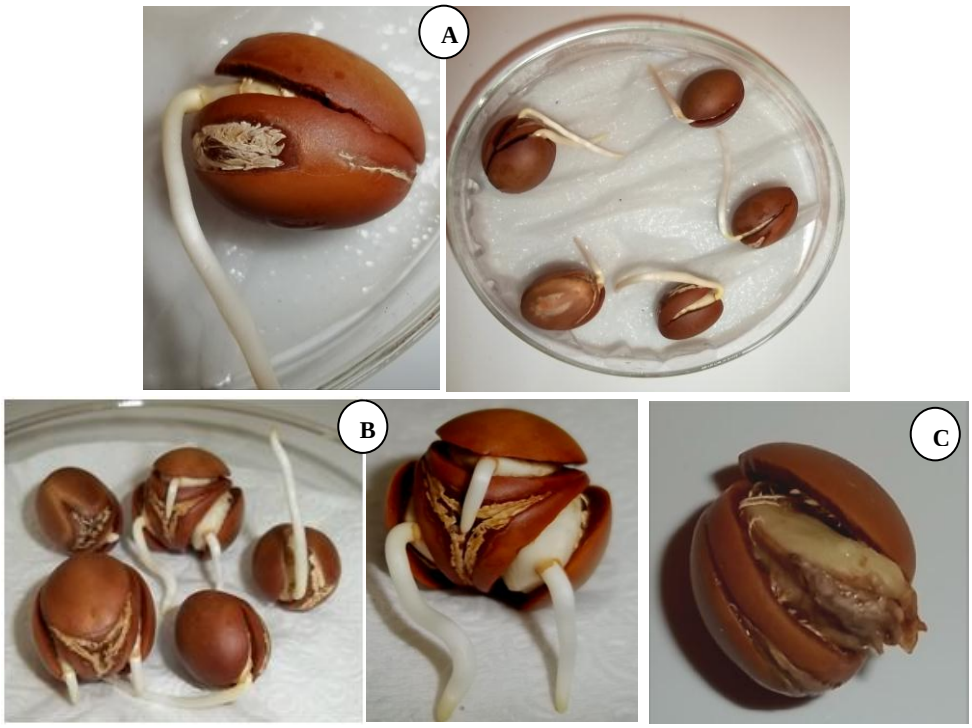


Fig. 17- Effet de différents traitements sur la germination des graines d'*Argania spinosa* L (**A**) : graines traité par l'eau tiède; (**B**) : graines traitées par l'eau oxygénée tiède pendant 4 jours ; (**C**) : Blocage de la germination d'une graine après traitement prolongé (7jours) dans l'eau oxygénée tiède

II. Effet de la contrainte saline

II.1. Effet sur la germination

Dans le but d'étudier la tolérance à la salinité chez l'arganier (*Argania spinosa* L.) au stade germinatif, différentes concentrations de *NaCl* ont été testées : 0 ; 4 ; 8 et 16 g/l.

Les résultats obtenus après 28 jours de culture montrent que la cinétique de germination varie distinctement avec le traitement salin appliqué. En effet, l'analyse de la variance à deux critères de classification a confirmé cette relation. Le traitement statistique a révélé un effet significatif de la contrainte saline et non significatif concernant la provenance des graines sur la germination (Tableau **2**).

Tableau. 2 - Résultats de l'analyse de la variance des données relatifs à l'effet du sel sur la germination des graines des trois provenances testées d'*Argania spinosa* L.

Source	DL	SC	CM	F	P
Provenances	2	35,16	17,580	0,24	0,790
Concentrations en *NaCl*	3	1829,88	609,960	8,49	**0,014**

La capacité de germination des graines d'*Argania spinosa* L. dépend de la dose de *NaCl* appliquée. A l'exception de la provenance de 'Oued Bouyhadine', le stress salin (notamment les doses de 4 et 8 g/l) a amélioré le taux germinatif chez l'arganier. En effet le pourcentage d'amélioration est d'environ 10% chez les deux provenances : Oued El-Gahaouane et Merkala (**Tableau 3**).

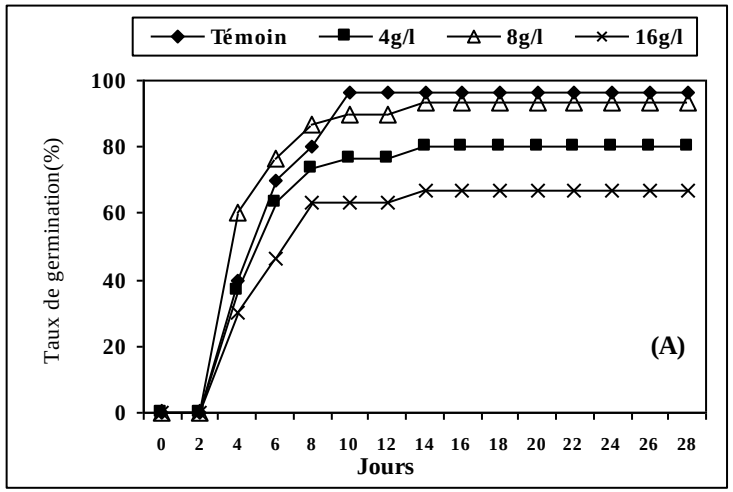
Tableau 3 - Taux (***TG***) et temps moyen de germination (***TMG***) de trois provenances d'*Argania spinosa* sous l'effet des concentrations croissantes de *NaCl*

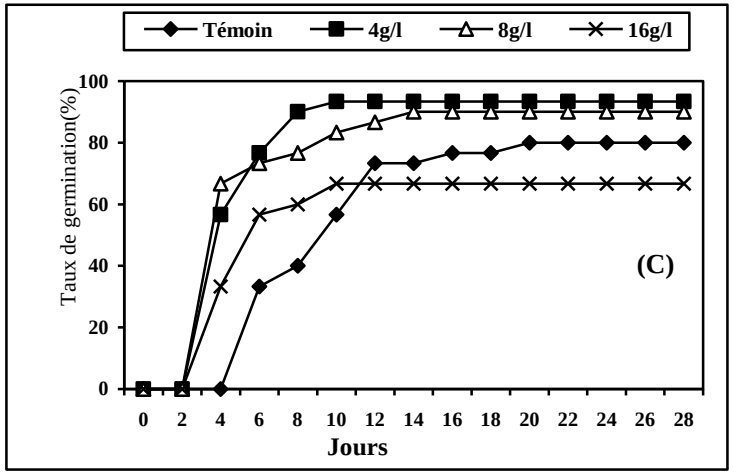
Provenances / Doses (g/l)	Oued Bouyhadine		Oued El-Gahaouane		Merkala	
	TG%	**TMG (jours)**	**TG%**	**TMG (jours)**	**TG%**	**TMG (jours)**
0 (Témoin)	**96,66**	**6,14**	83,33	7,92	80	**9,25**
4	80,0	5,83	**93,33**	6,15	**93,33**	5,21
8	93,33	5,36	**93,33**	6,52	90	5,41
16	66,66	5,9	50	6,4	66,66	5,5

L'allure générale des courbes de cinétique de germination pour le témoin et les traitements de 4g/l et de 8g/l de *NaCl* est pratiquement semblable pour toutes les provenances étudiées à l'exception de la provenance d'Oued-Bouyhadine où le taux de germination passe de 96,66% à 80% pour les graines stressées à 4 g/l (**Fig.18**).

Argania spinosa L. n'est affecté par le *NaCl* qu'à partir de 16g/l et continu à germer en présence de cette forte concentration saline (provenance de 'Oued El-Gahaouane' 50 % et 'Oued Bouyhadine' et 'Merkala' 66,66%).

Les résultats obtenus montrent que le stress salin a nettement amélioré le temps moyen de germination ,et ça pour l'ensemble des provenances testées où il passe de 6,14 jours à 5,36 jours pour les graines stressées à 8g/l de NaCl chez la provenance d'Oued-Bouyhadine, et de 7,92 jours à 6,15 jours pour les graines stressées à 4g/l chez la provenance de Oued El-Gahaouane,il passe aussi de 9,25 jours à seulement 5,21 jours pour les graines stressées à 4g/l de NaCl.





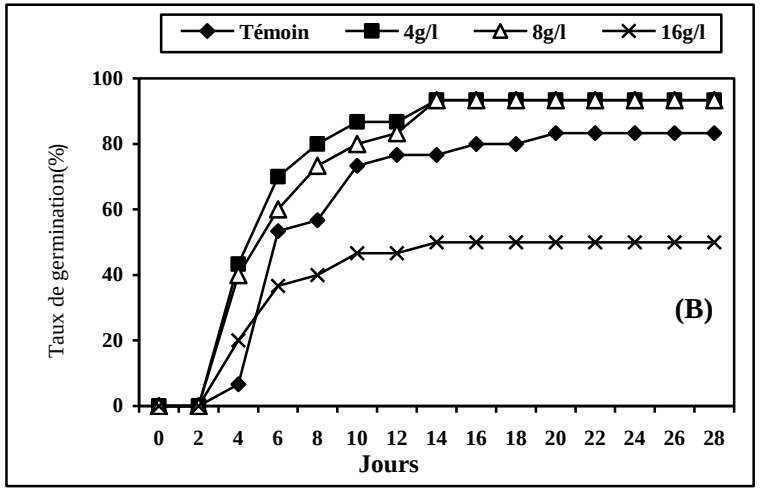


Fig. 18- Cinétique de germination sous l'effet de la contrainte saline chez les trois provenances testées d'*Argania spinosa* L: Oued Bouyhadine (**A**), Oued El-Gahaouane (**B**) et Merkala (**C**)

II.2. Effet sur la croissance

II.2.1. Effet sur les paramètres biométriques

La salinité a un effet sur la croissance et le développement des végétaux. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés dans un premier temps à l'effet des différentes concentrations de *NaCl* testées (0 ; 4 ; 8 et 16 g/l) sur la croissance des jeunes plantules des trois provenances d'*Argania spinosa* L étudiées (Merkala, Oued El-Ghahouane et Oued Bouyadhine). Pour cela, la réponse au sel des jeunes semis est évaluée grâce aux paramètres biométriques suivants : longueur de la partie aérienne et racinaire, le nombre moyen de feuilles formées par plantule, le nombre moyen de nœuds par plant, le diamètre au collet et les biomasses fraiches et sèches des deux parties, aérienne et racinaire ainsi que leurs rapports respectifs.

- ✓ *La longueur de la partie aérienne*

Les résultats obtenus montrent que les différentes concentrations de *NaCl* testées agissent sur la croissance de la partie aérienne chez certaines provenances (**Fig. 19**). Ces résultats sont illustrés au figure **20** et confirmés par l'analyse de la variance à un seul critère de classification dont la différence des moyennes est significative chez la provenance de Merkala et d'Oued El-Gahaouane ($P<0,05$) et non significatif chez celle d'Oued-bouyadhine pour les différents traitements (Tableau 1, 2 et3. Annexe 2**).**

Les allongements les plus importants de la tige (19,07 et 18,2 cm) ont été enregistrés chez les plants traités par la solution salée à 4g /l, respectivement chez la provenance de 'Oued-El Gahouane' et 'Oued Bouyadhine'. Cependant, l'allongement le plus important (15,68cm) chez les plants issus de Merkala est enregistré avec le lot témoin (**Fig.20**)

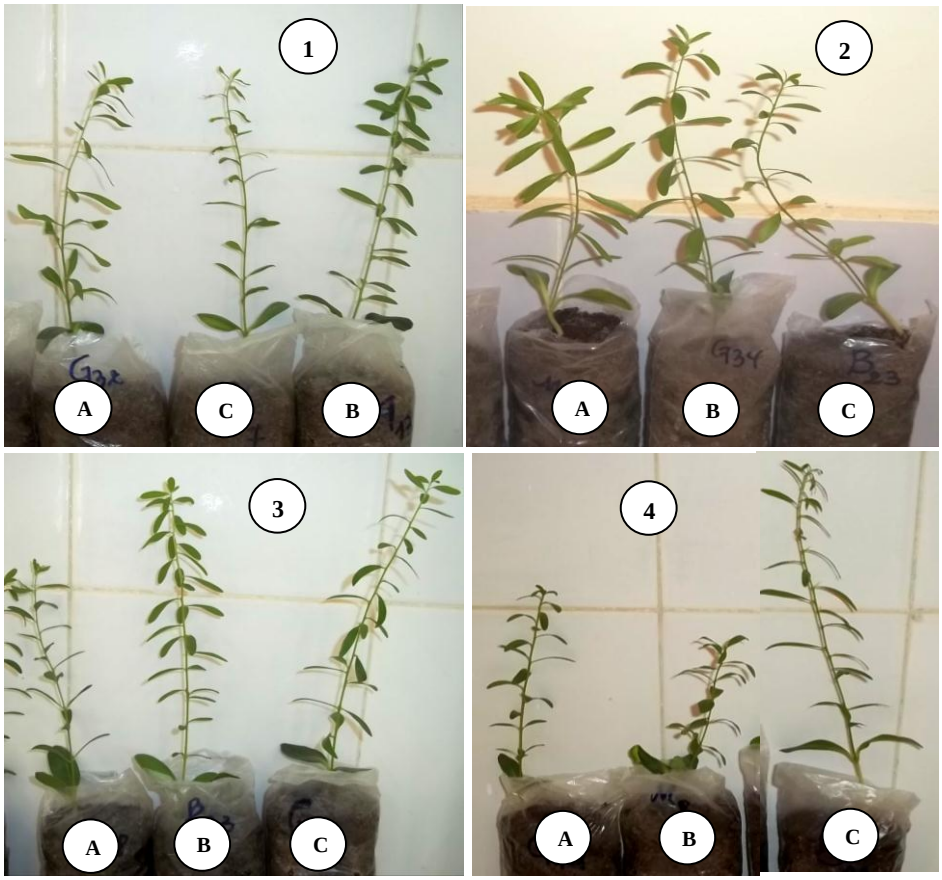


Fig. 19- Effet de la concentration en *NaCl (***1** *: Témoin ;* **2** *: 4g/l ;* **3** *: 8 g/l et* **4** *: 16 g/l)* sur la croissance de la partie aérienne des plants issus des Trois provenances testées *d'Argania spinosa L : (***A***) : Oued El Gahaouane ;(***B***) : Merkala et (***C***) : Oued-Bouyhadine*

✓ <u>*Longueur de la partie racinaire*</u>

Nos résultats obtenus n'indiquent aucun effet du sel sur la croissance du système racinaire chez l'arganier (**Fig.20**). En effet, le stress salin dans le cas de la concentration de 4g/l, améliore la croissance racinaire. Toutefois cette légère différence reste non significative au seuil de 5% (P=0,071 ; P= 0,725 ; P= 0,774) respectivement pour Merkala, Oued El-Gahaouane et Oued Bouyadhine). (Tableau : 4, 5 et 6.Annexe2).

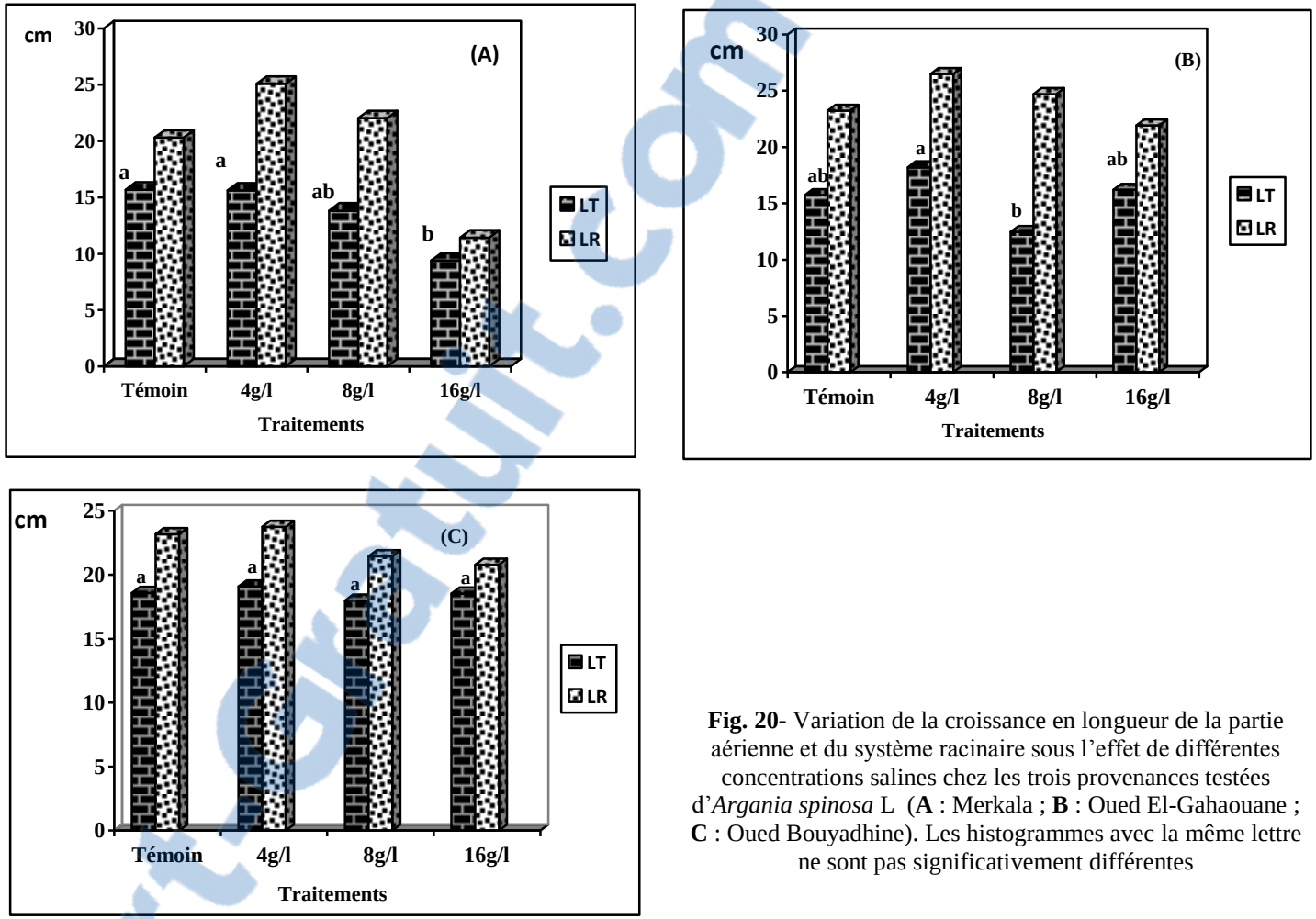


Fig. 20- Variation de la croissance en longueur de la partie aérienne et du système racinaire sous l'effet de différentes concentrations salines chez les trois provenances testées d'*Argania spinosa* L (**A** : Merkala ; **B** : Oued El-Gahaouane ; **C** : Oued Bouyadhine). Les histogrammes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes

ppart-gratuit.com

✓ *Rapport en longueur racine/tige*

L'analyse de l'effet de *NaCl* sur la longueur des tiges et des racines est complétée par l'analyse du rapport en longueur de racine/tige. Les résultats sont illustrés par la figure (**21**). L'analyse de la variance à un seul critère de classification (Annexe 2, tableau 7, 8 et 9) montre un effet significatif du stress (*P*=0,048 ; *P*=0,028) respectivement chez la provenance de 'Merkala' et de 'Oued El-Gahaouane' et non significatif chez celle de 'Oued Bouyhadine'.

Chez l'ensemble des provenances ce rapport est supérieur à 1 pour tous les traitements testés, ce qui indique que la croissance en longueur du système racinaire est plus importante que celle de la partie aérienne.

D'un autre coté, l'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu''il existe une différence significative pour la concentration en *NaCl* (*P*=0,013) et non significative entre les provenances étudiées (*P*=0,05) (Annexe 3 ; Tableau 1).

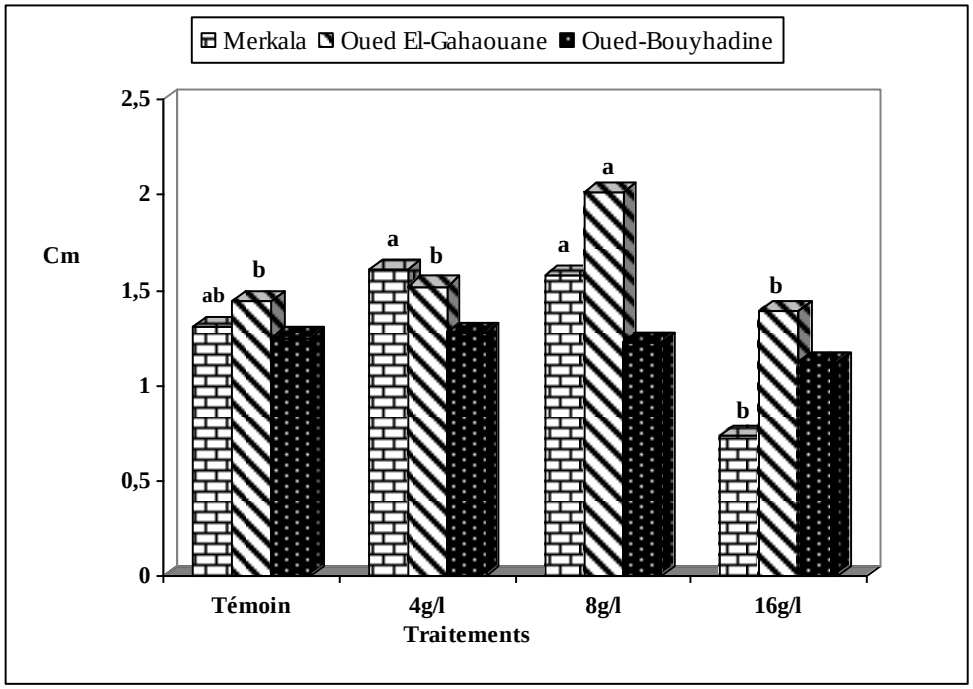


Fig.21- Effet de la concentration en *NaCl* sur le rapport en longueur *Racine/Tige* des trois provenances étudiées d'*Argania spinosa* L. Les histogrammes avec la même lettre ne sont pas significativement différents

.

✓ *Nombre de feuilles et des nœuds*

La diminution de la croissance de l'appareil végétatif sous l'effet du stress salin est accompagnée d'une réduction de l'organogenèse foliaire et du nombre moyen de nœuds par plant surtout pour ceux stressés à 16 g/l (**Fig. 22**). Cette réduction est de l'ordre de 7% par rapport au témoin. Toutefois, l'analyse de la variance à un seul critère de classification n'indique aucune différence significative ($0,076<P<0,816$) et ($0,117<P<0,730$) pour respectivement le nombre de feuilles et le nombre de nœuds.

Pour ce qui est de l'aspect qualitatif des plants sous le stress salin, nous signalons en effet l'apparition des chloroses foliaires chez le lot de plantules arrosées avec la concentration saline la plus élevée (16 g/l) dès la 6ème semaine de stress, signe d'une toxicité due à l'excès du sel et de son accumulation dans les tissus foliaires ce qui a engendré par la suite un flétrissement puis un dessèchement complet du plant (**Fig. 23**).

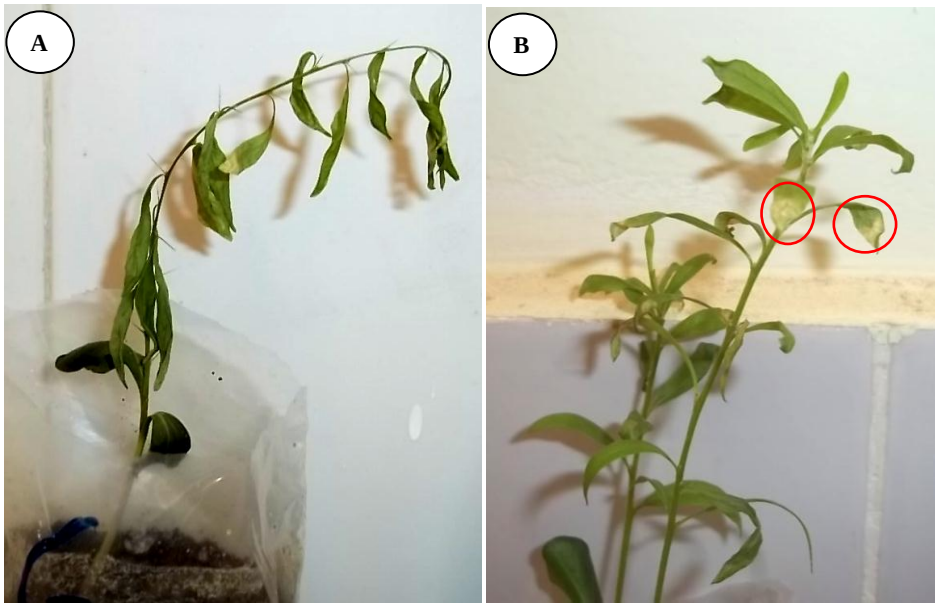
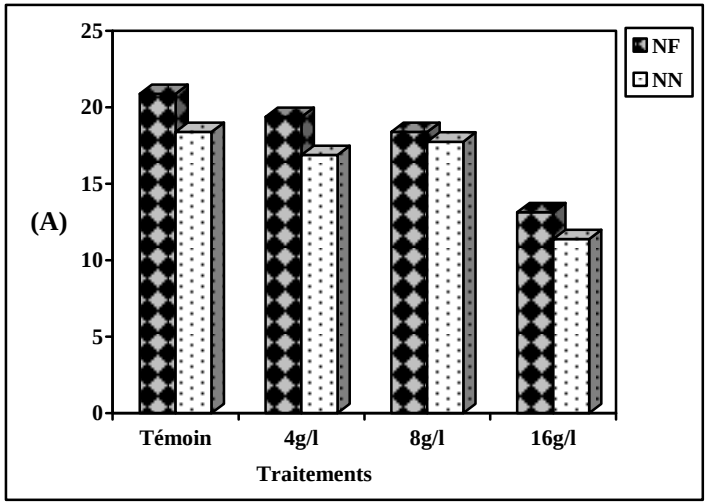
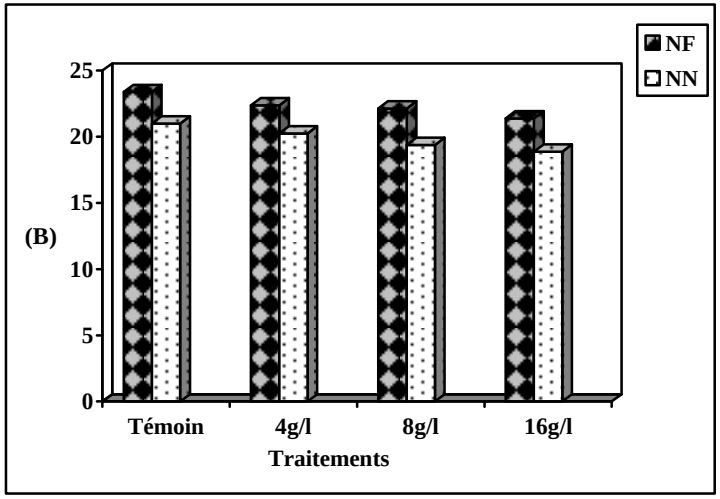


Fig. 23- Aspects du feuillage des plants stressés à 16 g/l de *NaCl*
(**A**) : Flétrissement puis dessèchement des feuilles ;(**B**) : Chlorose foliaire

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES





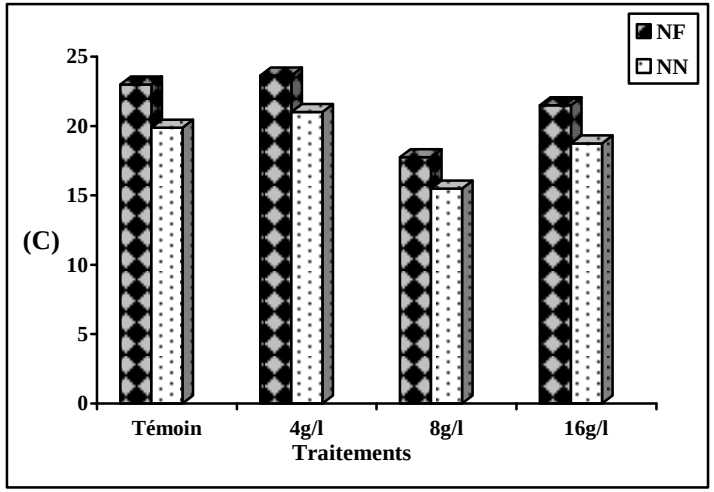


Fig.22- Nombre des feuilles et des nœuds en fonction de l'intensité de stress chez les trois provenances testées d'*Argania spinosa* L (**A** : Merkala ; **B** : Oued Bouyadhine ; **C** : Oued El-Gahaouane).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

✓ *Le diamètre au collet*

L'analyse de l'effet du *NaCl* sur le diamètre au collet des différentes provenances est donnée dans la figure (**24**). Le traitement statistique des résultats (ANOVA à un seul critère de classification) n'indique aucune différence significative (*P*=0,141 ; *P*=0,089) respectivement chez la provenance de 'Oued-El Gahaouane' et 'Oued-Bouyadhine'. Cependant, et à l'exception de la provenance de Merkala, l'analyse statistique a révélé un effet significatif (*P*=0,028) de la concentration en *NaCl*. En effet, les diamètres les plus élevés sont enregistrés chez cette provenance avec les plants stressés à 4 g/l.

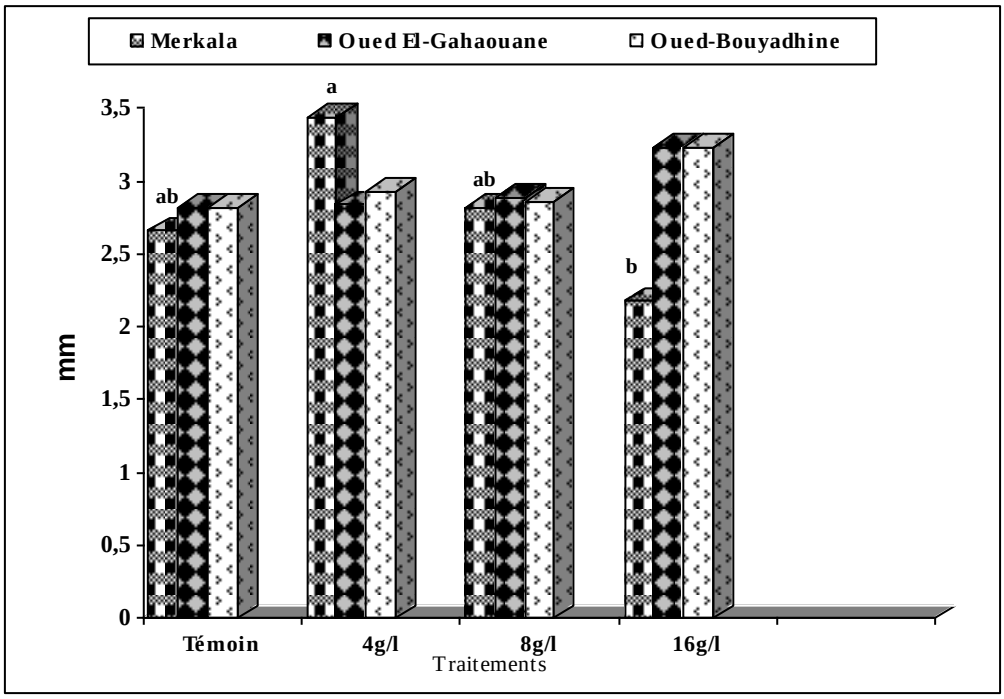


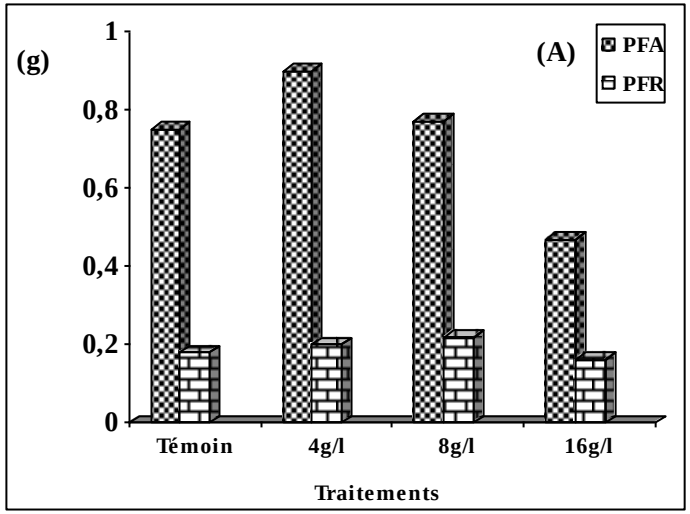
Fig.24- Effet de la concentration en *NaCl* sur le diamètre moyen au collet de jeunes plants âgés de 3 mois et issus de 3 provenances différentes d'*Argania spinosa* L. Les histogrammes suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents

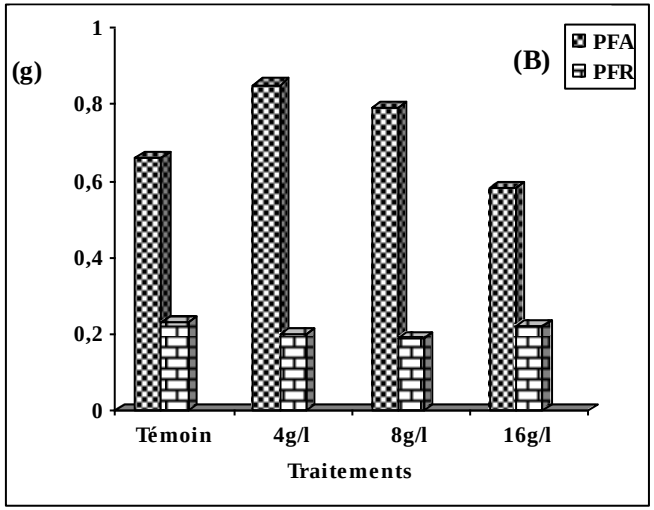
- ✓ *Production des biomasses*

a)- Production des biomasses fraîches (Fig. 25)

Pour l'ensemble des provenances testées, nous avons enregistré une augmentation de la biomasse fraîche aérienne chez les jeunes plants stressés à 4 et à 8 g/l *NaCl*. À l'exception de la provenance d'Oued-Bouyhadine, sous l'effet du stress salin le plus sévère (16g/l), nous avons noté une réduction du poids frais des parties aériennes. Toutefois, le traitement statistique de ces résultats n'indique aucune différence significative au seuil de 5% (*P=0,106* ; *P=0,099* ; *P=0,656* chez respectivement la provenance de Merkala, d'Oued El-Gahaouane et d'Oued Bouyhadine).

En ce qui Concerne la production des biomasses fraîches souterraines, ce paramètre biométrique est étroitement lié à la provenance. En effet, chez les plants issus de 'Oued-Bouyhadine', au delà de 4g/l, le stress salin induit une nette augmentation du poids frais racinaire. L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre un effet hautement significatif (*P=0,003*) chez la provenance de 'Oued Bouyhadine' et non significatif (*P=0,807* ; *P=0,699*) pour respectivement la provenance de 'Mekala' et celle de 'Oued El-Gahaouane'.





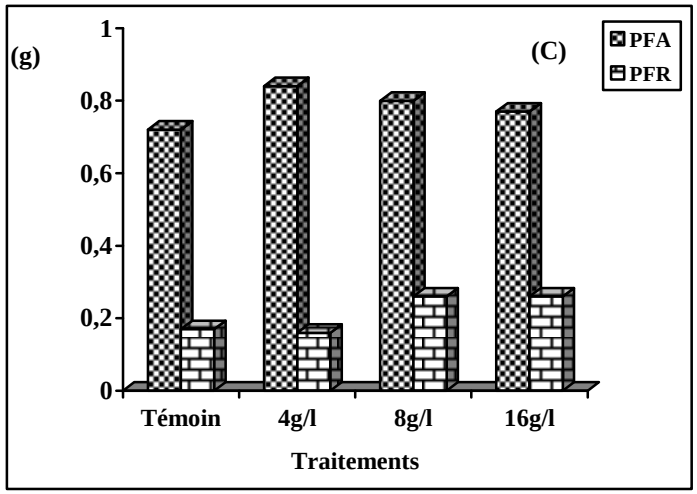


Fig.25- Effet des différents niveaux de stress salin sur la production des biomasses fraiches de la partie aérienne et souterraine des jeunes plants d'arganier provenant de (**A**) : Merkala ;(**B**) : Oued El-Gahaouane ;(**C**) : Oued-Bouyhadine

b)- Production des biomasses sèches

Les résultats de l'effet de la contrainte saline sur la production des biomasses sèches des parties aériennes et celles racinaires sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 4- Effet de la concentration saline appliquée sur la production des biomasses sèches aériennes et racinaires chez la provenance de **Merkala**

Dose saline (g/l)	**Poids sec (g)**			**Taux de variation (%)**		
	PR	**PA**	**BST**	**BSA**	**BSR**	**BST**
0	0,043	0,177	0,22	/	/	/
4	0,051	0,196	0,247	10,73	18,6	12,27
8	0,048	0,171	0,219	-3,39	11,63	- 0 ,45
16	0,029	0,095	0,124	-46,33	-32,56	-43,63

Tableau 5 - Effet de la concentration saline appliquée sur la production des biomasses sèches aériennes et racinaires chez la provenance de **d'Oued El-Gahaouane**.

Dose saline (g/l)	**Poids sec (g)**			**Taux de variation (%)**		
	PR	**PA**	**BST**	**BSA**	**BSR**	**BST**
0	0,07	0,155	0,225	/	/	/
4	0,064	0,2	0,264	29,03	-8,57	17,33
8	0,051	0,18	0,231	16,12	-27,14	2,66
16	0,052	0,149	0,201	-3,87	-25,71	-10,66

Tableau 6 - Effet de la concentration saline appliquée sur la production des biomasses sèches aériennes et racinaires chez la provenance de **d'Oued Bouyadhine**

Dose saline (g/l)	**Poids sec (g)**			**Taux de variation (%)**		
	PR	**PA**	**BST**	**BSA**	**BSR**	**BST**
0	0,057	0,189	0,246	/	/	/
4	0,056	0,196	0,252	3,7	-1,75	2,44
8	0,051	0,184	0,235	-2,65	-10,53	-4,47
16	0,049	0,17	0,219	-10,05	-14,03	-10,98

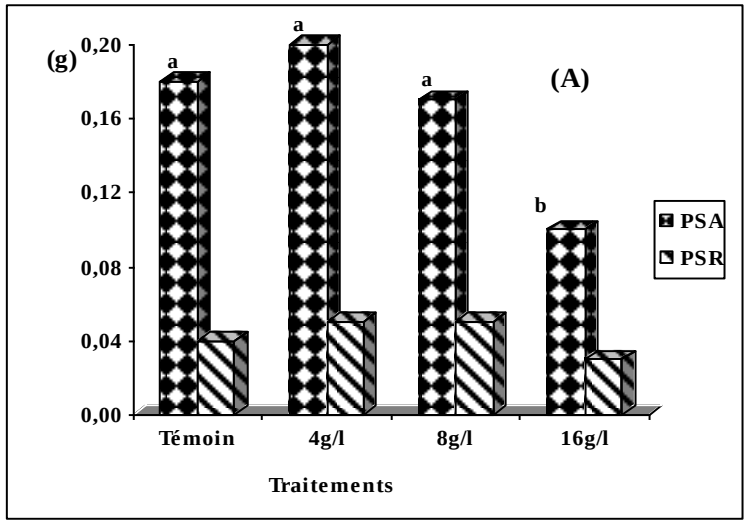
PR : Partie racinaire ; **PA** : Partie aérienne ; **BSR** : Biomasse sèche racinaire ; **BSA** : Biomasse sèche aérienne ; **BST** : Biomasse sèche totale

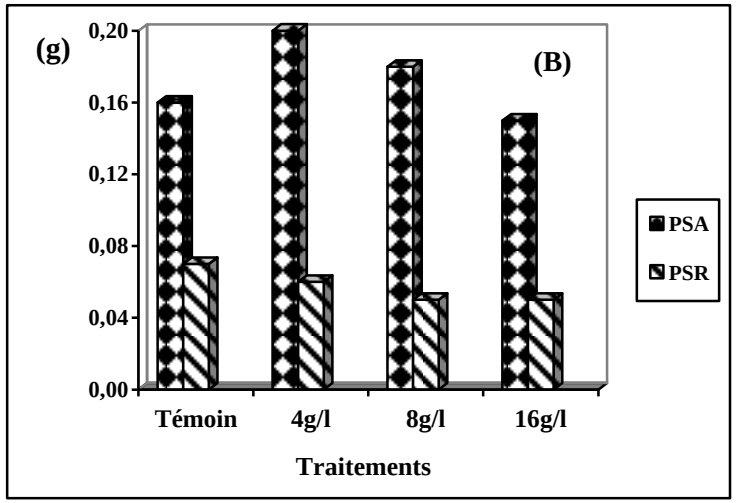
Dans un premier temps, nos résultats ont montré que le poids sec de l'appareil végétatif est lié à la concentration saline appliquée. En effet, une nette régression de la biomasse sèche aérienne a été enregistrée au fur et à mesure que la concentration du sel augmente (Fig. **26**).

Cette relation (dose saline/poids sec) est confirmée par l'analyse de la variance à un seul critère de classification. Le traitement statistique indique un effet significatif (*P=0,036*) chez la provenance de Merkala. Le test de *Newman et Keuls* fait ressortir deux groupes homogènes : les moyennes les plus élevées (0,18g ; 0,2g ; 0,17g) qui correspond respectivement aux traitements (0 ; 4 et 8g/l) forment le premier groupe. Cependant, le second est représenté par la moyenne du poids le plus faible obtenue en présence de 16g/l (Fig.**26**). Toutefois, pour les autres provenances étudiées, l'analyse statistique n'indique aucun effet significatif de la concentration saline testée sur la production des biomasses sèches des parties aériennes (Tableaux 27,28.Annexe 2**).**

Nos résultats ont montré une légère différence dans la production des biomasses sèches racinaire. Elle varié d'une concentration saline à une autre. Toutefois, cette légère variation reste non significative au seuil de 5% (*P=0,258 ; P=0,113 ; P=0,640* respectivement chez Merkala, Oued El-Gahaouane et Oued Bouyadhine).

D'un autre coté l'analyse de variance à deux critères de classification montre un effet hautement significatif de la provenance (P=0,002) et significatif concernant le facteur dose (*P=0,045*) sur la production des biomasses sèche racinaire (Tableau.2 ; Annexe3).





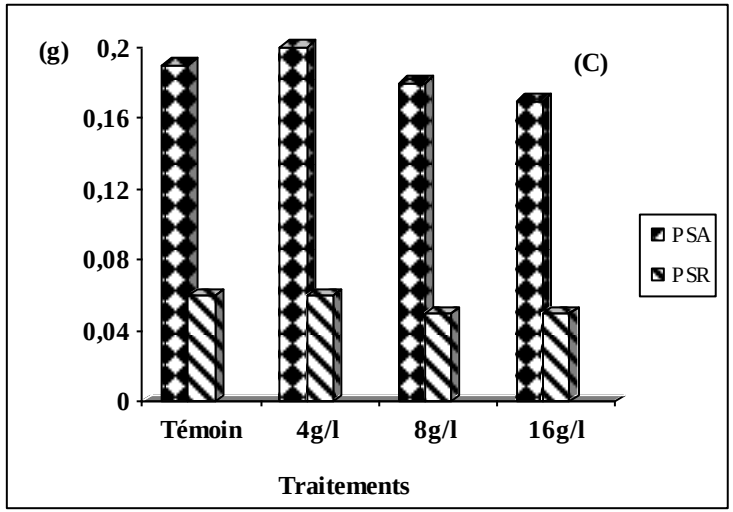


Fig. 26- Poids sec de la partie aérienne et des racines en fonction de l'intensité du stress appliqué chez les provenances de Merkala (**A**), Oued El-Gahaouane (**B**) et Oued Bouyhadine (**C**). Les histogrammes avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différents

✓ *Rapport de biomasse PSR/PSA*

L'étude du rapport biomasse sèche souterraine/aérienne est nécessaire pour savoir laquelle des deux est plus sensible au sel. Les résultats obtenus montrent que chez l'ensemble des provenances étudiées, le rapport de biomasse PSR/PSA est inférieur à l'unité, c'est-à-dire que la croissance pondérale de la partie aérienne est plus importante que celle de la partie souterraine (**Fig.27**).

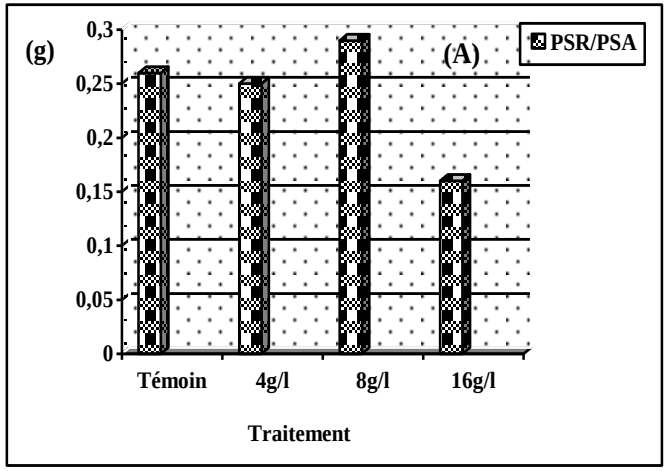
Néanmoins l'effet de stress sur ce rapport en comparaison avec le témoin reste faible, cela est confirmé par l'analyse de variance à un seul critère de classification dont la différence est non significatif (*P=0,247* ; *P=0,158* ; *P=0,952*) pour respectivement Merkala, Oued El-Gahaouane et Oued Bouyadhine (Tableau 31, 32 et 33, Annexe 2).

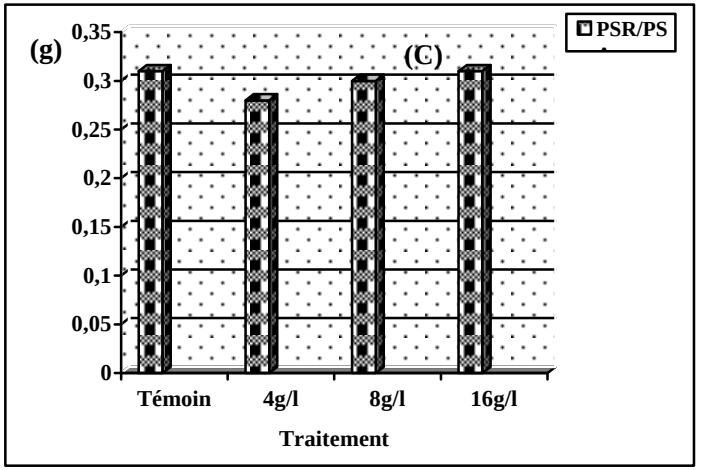
L'analyse de variance à deux critères de classification montre un effet hautement significatif de la provenance (p=0,002) et non significatif concernant le facteur dose (*P=0,271*). Ce test confirme que les provenances étudiées répondent différemment l'une de l'autre vis-à-vis du stress salin (Tableau.7)

Tableau.7 : Résultats de l'analyse de la variance des données relatifs à l'effet du sel sur le rapport en biomasse sèche des trois provenances testées d'*Argania spinosa* L.

Source	DL	Somme des carrées	CM	F	P
Concentration en NaCl	3	0,10243	0,034144	1,33	0,271
Provenance	2	0,35206	0,176028	6,84	**0,002**
Interaction	6	0,25520	0,042533	1,65	0,143
Erreur	84	2,16063	0,025722		
Total	95	2,87032			

Rapport-Gratuit.com





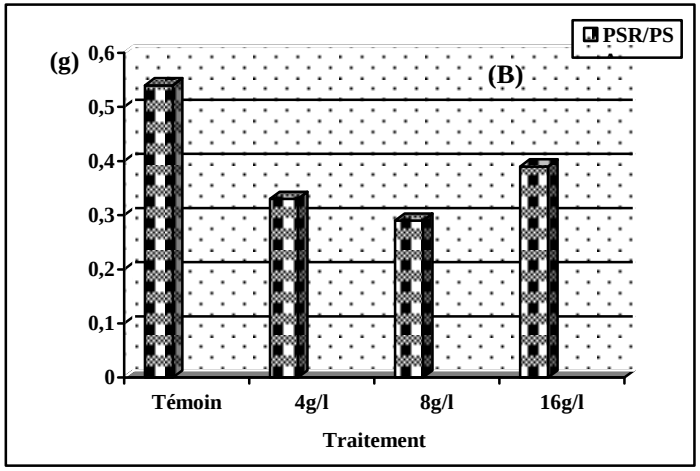


Fig.27- Effet de la contrainte saline sur le rapport des biomasses (PSR /PSA) chez les provenances étudiées (**A**) : Merkala ;(**B**) : Oued El-Gahaouane ;(**C**) : Oued Bouyhadine.

II.2.2-Effet sur la teneur en proline

Les changements biométriques analysés précédemment sont en réalité l'aspect morphologique de ces plants obtenu sous l'effet de la salinité. Ainsi le métabolisme des végétaux est perturbé par le stress salin, notamment celui des acides aminés libres à savoir la proline. Cette dernière constitue un marqueur de la résistance des plantes aux contraintes abiotiques. Le tableau ci-dessous ainsi que la figure **28** représente les variations de la teneur en proline des différentes provenances étudiées sous l'effet du stress salin appliqué à différentes concentrations.

Tableau 8- : Taux de variation de la proline selon l'intensité du stress salin et par rapport au

Doses salines (g/l) **Provenances**	**0**	**4**	**8**	**16**
Oued-Bouyhadine	/	-23,85	18,85	-3,67
Oued El-Gahaouane	/	46,73	-29,91	-38,32
Merkala	/	7,22	0	114,43

témoin.

Les résultats obtenus indiquent que la teneur en proline enregistrée dans les feuilles des plants d'arganier varie selon les provenances étudiées et change également d'une concentration saline testée à une autre. En effet, chez la provenance d'Oued-Bouyhadine, le stress salin a provoqué d'une part une accumulation de la proline avec un taux de 18,85% enregistré chez les plants stressés à 8 g/l *NaCl*. Toutefois, la contrainte saline provoque une réduction de la teneur en proline, avec des taux atteignant 23,85 et 3,67%, respectivement chez les plantes soumises à 4 et 16g/l de *NaCl.*

Chez la provenance d'Oued El-Gahaouane, le stress modéré (4g/l) a induit une augmentation de la synthèse de proline dont le taux atteint 46,73%. Sous l'effet de 8 et 16g/l, une nette réduction a été constatée qui est respectivement de l'ordre de 29,91 et 38,32% (Tab. **8**). Toutefois, chez la provenance de Merkala, le stress le plus sévère (16g/l *NaCl*) a provoqué une accumulation très marquée de la proline (114,43par rapport au témoin).

Nous signalons que l'analyse statistique des résultats obtenus n'indique aucune différence significative du stress salin sur l'accumulation de la proline dans les feuilles des plants et ça pour l'ensemble des provenances étudiées (*P=0,565* ; *P=0,112* ; *P=0,295* pour respectivement Oued Bouyadine, Oued El-Gahaouane, Merkala).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

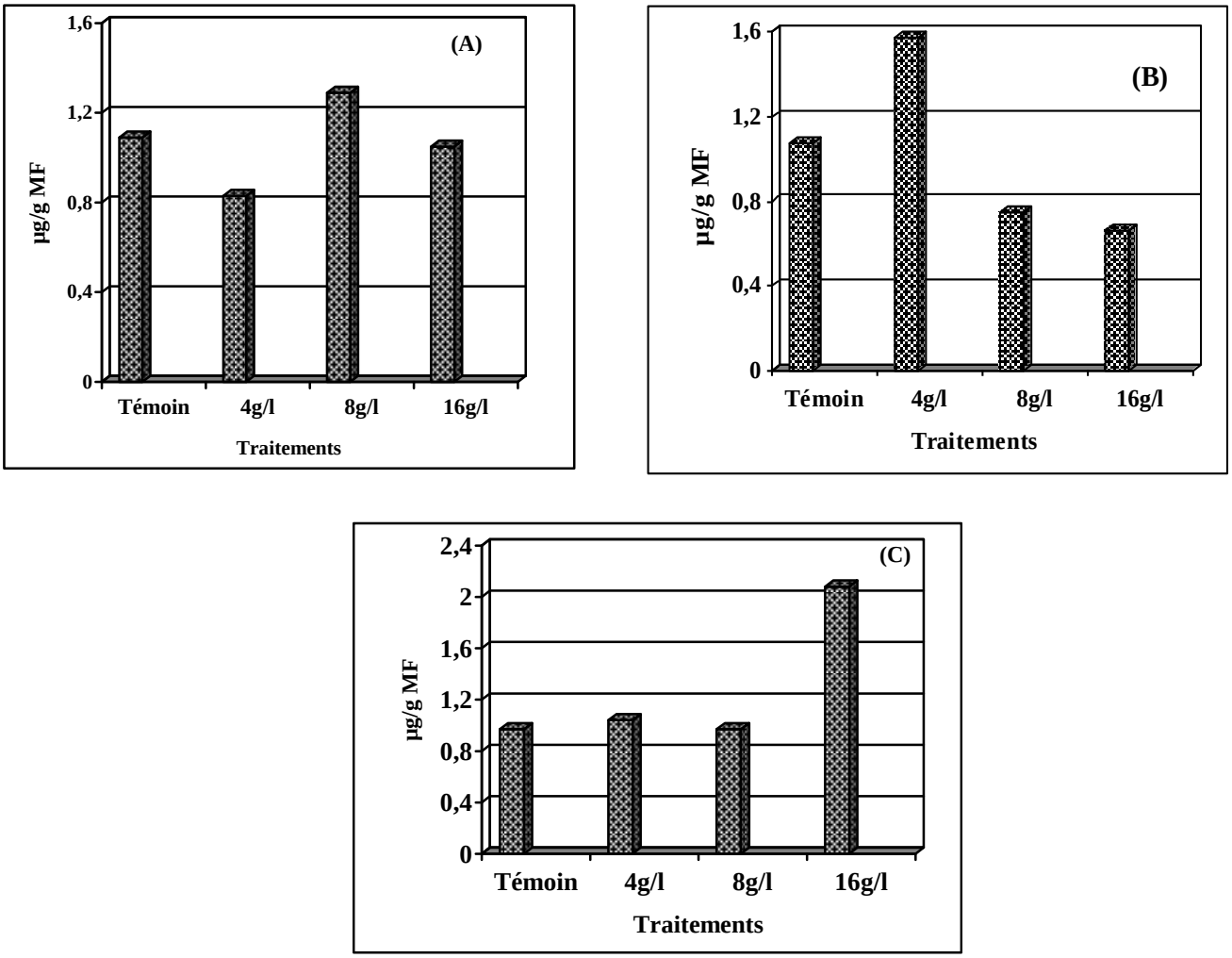


Fig. 29- Variation de la teneur en proline sous l'effet de la concentration saline chez les trois provenances étudiées d'*Argania spinosa* : Oued Bouyhadine (**A**), : Oued El-Gahaouane(**B**) et Merkala. (**C**)

CHAPITRE V.
DISCUSSION DES RESULTATS

L'Arganier (*Argania spinosa* L) constitue un élément capital dans son groupement d'origine au sud Algérien et dans l'équilibre et le maintien de nombreux écosystèmes arides et désertiques. L'introduction de cette espèce dans les programmes de reboisement offre une solution de reforestation durable dans les zones arides et semi-arides mais aussi dans celles affectées par la salinité en Algérie où environ 3,2 millions d'hectares de la superficie totale sont affectés. Toutefois, la réussite des phases de germination et de croissance de cette plante nécessite une bonne connaissance de ses caractéristiques germinatives et de développement ainsi que de son comportement vis-à-vis des conditions du milieu.

I. EFFET DES PRETRAITEMENTS

Les essais portant sur la germination des graines d'*Argania spinosa* L ont montré l'effet bénéfique de certains prétraitements sur l'amélioration de leur capacité germinative. En effet les meilleurs résultats enregistrés ont été obtenus avec le lot de graines traitées par l'eau oxygénée tiède pendant 4jours. Des recherches similaires ont montré l'effet positif du trempage des graines de Douglas dans l'eau oxygénée (LEBRUN, 1970 ; BONNET-MASIMBERT ET MULLER, 1974). Ces auteurs ont constaté que la concentration et la durée testées semblent jouer un rôle à la fois séparé et en interaction. La durée optimale du trempage parait être en rapport avec la dureté des téguments (NEFFATI, 1994). Dans nos conditions, une prolongation du traitement par l'eau oxygénée tiède pendant 7jours affiche des rendements faibles comparativement aux autres traitements de 1 et 4jours. Ce prétraitement exerce un effet dépressif voir létal sur les graines de l'arganier qui se traduit par un blocage de la germination.

Le traitement à l'eau ordinaire est un moyen efficace pour ramollir les téguments de la graine et pour réduire leur imperméabilité à l'eau (ADURADOLA et BADRU, 2004 ; ROLSTON, 1978 ; TRAN et CAVANAGH, 1984). En effet, le traitement des semences d'*Argania spinosa* L par l'eau ordinaire tiède pendant 6 jours a permis d'obtenir un taux germinatif supérieur à celui enregistré chez le lot témoin et le lot traité par l'eau oxygénée pendant 7jours. Nos résultats sont en accord avec ceux de BENAOUF (2009). Cet auteur a signalé que le trempage des graines à l'eau pendant 96 et 120 heures avant le semis, a un effet positif sur la précocité de leur germination, des taux importants de graines germées ont été enregistrés (jusqu'à 95 %) dans un intervalle thermique de 25 à 30°C.

NOUAIM et CHAUSSOD (1993) rapportent eux aussi qu'un simple trempage des graines d'arganier à l'eau pendant trois ou quatre jours favorisera un pourcentage élevé de

germination. Cependant, FAOUZI et *al* (2011) ont montré que la germination des graines de l'arganier a été affectée par la durée de l'imbibition. En effet, le taux de germination le plus important (88%) a été affiché chez les graines imbibées pendant 48h.

II. EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE

II.1. Effet sur la germination

Les essais relatifs au comportement d'*Argania spinosa* vis-à-vis de la salinité ont montré que les graines des différentes provenances étudiées sont particulièrement tolérantes et capables de germer même en présence de forte dose en sel, notamment 16 g/l de *NaCl*. Mais signalons une diminution du taux de germination. Cette régression est plus marquée (50% seulement) chez les graines provenant de 'Oued El-Gahaouane'.Dans une étude similaire effectuée dans les conditions *in vitro*, BOUZOUBAA (1995) rapporte que le pourcentage de germination ne dépasse pas les 50% sous l'effet de la concentration de 4,4 g/l *NaCl*. BANI-AAMEUR et MICHMERHUIZEN (1999) rapportent eux aussi que les niveaux élevés de la salinité se traduisent par des faibles pourcentages de germination des graines d'argan. En générale, au stade germinatif, l'arganier a une tolérance au sel située entre celle de l'olivier et celle du palmier (BOUZOUBAA, 1995). D'après les travaux de BOUZOUBAA (2003), la germination de l'arganier est totalement inhibée en présence de 250 mM de *NaCl*. De plus, une nette variabilité entre les descendances vis-à-vis de leur tolérance à la salinité a été notée au stade germinatif. REDA TAZI et al. (2001) ont enregistré eux aussi un effet hautement significatif du sel sur la germination des graines de l'arganier, notamment chez les amandes semées à des concentrations de 7 et 9 g/l de *NaCl*.D'après PRADO *et al* (2000), la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales. Selon les mêmes auteurs, la conversion de carbohydrates en sucres solubles jouant le rôle de régulation osmotique au niveau des cellules embryonnaires en phase de germination est alors inhibée.

Si le sel affecte significativement la germination chez certaines plantes, chez d'autres, il n'a aucun effet à ce stade. Les travaux de BENMAHIOUL et *al* (2009) ont montré qu'une contrainte saline n'a pas affecté la germination *in vitro* chez le pistachier fruitier (*Pistacia vera* L.) et que pour l'ensemble des traitements appliqués, le pourcentage final de germination a été de 100%.

Nos résultats corroborent aussi ceux de NDOUR et DANTHU(2000). En effet, ces auteurs montrent que la germination des graines de l'*Acacia tortilis raddiana* est moins perturbée par

la salinité. En revanche, KHAN et *al*. (2002) constatent que les concentrations croissantes en sel inhibent progressivement la germination des graines de *Salsola iberica* et peu de graines germent en présence de 1000 mM de *NaCl*. Ainsi BOULGHALAGH et al. (2006), ont montré que le stress salin a des effets hautement significatifs sur le taux de germination des graines du Jojoba (*Simmondsia chinensis*) soumise à différentes concentrations en *NaCl.*

L'effet toxique de *NaCl* sur la germination a été observé également par GHARBI et al. (2011) chez trois espèces d'Eucalyptus : *E. gomphocephala ; E. astringens* et *E. sargentii*. Ces auteurs signalent que le sel réduit la germination et retarde sa vitesse pour les trois espèces étudiées. Cependant, *Eucalyptus astringens* s'est montré l'espèce la plus sensible dans la gamme de concentrations étudiées (0 à 14 g/l de *NaCl*).

La connaissance de la tolérance de la salinité au moment de la germination est une information utile mais non suffisante pour expliquer la distribution des espèces et leur développement dans les milieux salés NEFFATI (1994). Pour cela, la connaissance de l'effet de stress salin au stade plantule devient un impératif pour la réhabilitation et le reboisement de l'espèce dans les zones qui sont touchées par le problème de salinité.

II.2. Effet sur la croissance

II.2.1-Effet sur les paramètres biométriques

Les stress abiotiques sont responsables d'une perte de rendement estimé à 50% pour les cultures les plus répondues (BRAY *et al.* 2000 *in* VINCENT, 2006). Ils constituent donc des facteurs limitant non négligeables. Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (BEN NACEUR *et al*, 2001 ; SEMMADI et RAHMOUNE, 1995; WANG *et al*, 2001).

Pour s'adapter au stress salin, la plante peut éviter les dommages par la réduction de sa croissance (YEO, 1983 ; ZHU, 2002 ; BENMAHIOUL *et al*, 2009). C'est l'effet le plus commun des stress abiotiques sur la physiologie des plantes. La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu' à un seuil où les dommages seront irréversible**.** La croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce ou d'une variété (ZHU, 2001).

L'effet du stress peut aussi être lié à des perturbations de concentrations des régulateurs de croissance, notamment de l'acide abscissique et des cytokinines (TERMAAT et *al*, 1985 ;

KUIPER et *al*, 1990), mais aussi à une réduction de la capacité photosynthétique suite à une diminution de la conductance stomatique du CO_2 induite par la contrainte saline (WALKER *et al*, 1981 ; SANTIAGO, 2000).

Pour mettre en évidence les potentialités d'adaptation d'*Argania spinosa* L de Tindouf en milieu salin, les plants de trois provenances (Merkala, Oued El-Gahaouane et Oued Bouyhadine) ont été exposé pendant deux mois à des concentrations croissantes en *Na Cl*. Nos essais ont montré que le nombre de feuilles et de nœuds, la croissance pondérale (diamètre au collet), la hauteur moyenne de la tige, la longueur racinaire, les biomasses fraîche et sèche aérienne et souterraine, ainsi que leur rapport respectif varient en fonction de la provenance. En effet, l'appareil végétatif de l'arganier est la plus sensible à l'effet du stress salin que son système racinaire et ça pour l'ensemble des provenances testées. La réduction de la croissance de la partie aérienne est plus marquée chez la provenance de Merkala et la provenance d'Oued El-Gahaouane surtout sous l'effet de la plus forte concentration testée (16 g/l *Na Cl*). Nos résultats sont en accords avec ceux de LEMZERI (2006). Cet auteur signale que l'augmentation de la salinité induit une diminution de la croissance de la partie aérienne de *Schinus mölle,* d*'Acacia cyanophylla,* et d'*Eucalyptus gomphocephala*, cependant, n'a pas d'effet significatif sur la croissance de leurs systèmes racinaires. Ainsi, BENMAHIOUL et *al* (2009) signalent que la présence de *NaCl* dans le milieu de culture entraîne chez le pistachier fruitier, une diminution significative de la longueur de la tige et la production de feuilles par embryon développé. Cette réduction augmente avec la concentration du sel dans le milieu. Ces auteurs signalent également que la réduction moyenne de la partie aérienne a été de 56,9%. Cependant, le stress salin, à l'exception de la plus forte concentration testée (256,6 mM) améliore de façon significative l'allongement de la radicule qui passe de 3,4 cm pour le témoin à 7,3 cm pour les concentrations de 42,8 et 85,5 Mm. En revanche, THORNTON et *al*. (1988) n'ont pas constaté un effet du sel sur le développement des plants du chêne rouge, où la longueur de la tige et l'accroissement racinaire ne sont pas affectés en présence de 7,5 mM de *Na Cl* pour le Chêne rouge et de 16 mM de *NaCl* pour l'hêtre américain.

Chez la provenance de Merkala, la diminution de la croissance de la partie aérienne est accompagnée d'une réduction de la production des feuilles et des nœuds. En effet, l'organogenèse foliaire est fortement affectée. Le nombre moyen des feuilles par plantule passe de 21 pour le témoin à uniquement 13 feuilles pour le lot des plants stressés à 16g/l de *NaCl*. Toutefois, et à l'exception de la provenance de Merkala, le stress salin n'a aucune influence sur le diamètre au collet des plants issus des autres provenances étudiées. Nous signalons, cependant l'apparition des chloroses foliaires sous l'effet des concentrations plus

élevées (16 g/l) dés la 6ème semaine du stress pour l'ensemble des provenances testées. Les feuilles atteintes arborent un aspect boursouflé. Elles finissent par brunir et se dessécher entièrement. Les mêmes observations ont été faites par HAMROUNI et *al* (2008) sur la vigne. En effet, ces auteurs expliquent ce phénomène par le fait que l'augmentation de la salinité entraîne un dessèchement des vitropousses de vigne dans des conditions de salinité modérée. Le sel soumet principalement cette plante à un effet toxique, mais également osmotique.

Le déficit des biomasses enregistré chez les plants stressés de l'arganier, n'a pas affecté de façon similaire les deux parties de la plante. En effet, la croissance des racines a été moins affectée par le sel que celle de l'appareil végétatif. Nos résultats sont en accords avec ceux obtenus par REDA TAZI et al (2001). Ces auteurs ont montré que la germination et la croissance *in vitro* des plants d*'Argania spinosa* L sont affectées par le sel. Ils constatent aussi que la partie aérienne est plus touchée par la salinité que les racines. La résistance du système racinaire au stress salin peut être due à une diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire (BRUGNOLI et BJÖRKMAN, 1992). Chez d'autres plantes, le système racinaire est le plus sensible à la salinité que la partie aérienne. RADHOUANE (2008) a comparé le comportement de six écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* L) soumis à des conditions de stress salin. Elle constate que l'effet de la salinité était plus significatif pour la croissance radiculaire, avec des différences entre les écotypes étudiés. Pareille pour la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *Sylvestris* (var. 'Séjnène). Ainsi, la plante semble s'adapter au stress salin en réduisant en premier lieu son système racinaire préservant la partie aérienne devant maintenir et assurer la production de photosynthétats (HAMROUNI et *al*, 2011). Cette différence de sensibilité entre les organes d'absorption et les organes photosynthétiques est caractéristique des plantes glycophytes (BRUGNOLI et BJÖRKMAN, 1992).

Au niveau de la production des biomasses, nos résultats ont montré que le sel à la dose de 4 g/l améliore les rendements en matière sèche chez la provenance de Merkala. En effet, les taux d'amélioration comparativement au témoin, ont été de l'ordre de 10,7% pour la partie aérienne et 18,6% pour le système racinaire. Pour les deux autres provenances étudiées (Oued-Bouyhadine et Oued El-Gahaouane), nous avons noté également une augmentation de la biomasse sèche aérienne qui est de l'ordre de 3,7 et 29% respectivement, cependant, une réduction a été constatée pour la biomasse sèche racinaire. Toutefois, le stress salin le plus sévère (16g/l) engendre une nette réduction des biomasses aériennes et souterraines chez l'ensemble des provenances étudiées. Nos résultats sont conformes avec ceux de TAFFOUO et *al* (2004). En effet, ces auteurs ont constaté que l'augmentation de la concentration saline

entraîne chez *Mucuna poggei* et *Vigna unguiculata* une baisse de la biomasse sèche à 100 mM de *NaCl*. Cependant, ARAUJO et *al.* (2006) *in* BOUCHOUKH (2010) ont observé que la salinité induite chez *Atriplex nummularia* provoque une régression beaucoup plus marquée du poids sec des organes photosynthétiques que les racines. Les travaux de THORNTON *et al* (1988) ont montré également que les poids de la matière fraîche et de la matière sèche des feuilles du chêne rouge sont réduits à partir de 7,5 mM de *NaCl* alors que celui des racines ne l'est pas. De même BENMAHIOUL *et al* (2009) ont rapporté que la présence de *NaCl* dans le milieu de culture provoque chez les vitroplants de *Pistacia vera* L. une réduction des poids frais et sec des parties aériennes alors qu'il améliore ceux des racines. Cette réduction est en effet une réponse typique des plantes non halophytes à la salinité (MUNNS et TERAAT, 1986 ;NABIL et COUDRET, 1995 *in* VIEGAS et SILVEIRA ,1999).

II.2.2-Teneur en proline

L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus remarquables du stress salin et hydrique. Aussi a-t-on cherché à mettre en évidence une corrélation positive ou négative entre l'accumulation de proline dans les feuilles et la résistance à la salinité ou à la sécheresse. Le rôle de la proline dans la résistance au stress salin n'est pas encore élucidé. Il peut s'agir d'un osmoticum dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole (STEWART et LEE, 1974). Selon un autre point de vue, l'accumulation de proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (DIX et PEARCE, 1981). Globalement, les espèces qui se sont montrés les plus sensibles au sel sur le plan morpho- physiologique, réagissent en accumulant plus rapidement de la proline. Par contre, celles qui se sont montrées tolérantes, présentent une stabilité relative ou une faible accumulation de leur teneur en proline comparativement à celles sensibles (LEMZERI *et al*, 2006). Chez les plantes supérieures, la proline est accumulée en cas de stress, aussi bien suite à une augmentation de sa synthèse que par une réduction de sa dégradation (NAKASHIMA *et al,* 1998).

Notre étude phytochimique a montré une accumulation très marquée de la proline chez la provenance de Merkala qui est de l'ordre de 97,93% enregistré avec le stress salin le plus sévère (16g/l *NaCl*). Cependant, chez les autres provenances d'*Argania spinosa* étudiées (Oued-Bouyhadine, Oued El-Gahaouane), une nette réduction de la proline a été constatée qui est respectivement de -3,67 et -38,32% sous l'effet toujours de la plus forte concentration saline appliquée. Toutefois, cette différence dans la teneur en proline chez les différentes provenances étudiées reste non significative au seuil de 5%. BOUCHOUKH (2010) signale lui

aussi que l'accumulation de la proline chez les épinards est variable d'une variété à une autre. Elle augmente en fonction de la concentration de *NaCl* dans le milieu. Cette accumulation de la proline est plus importante chez la variété locale que chez celle introduite, avec une augmentation respective par rapport au témoin de 208,94% et 86,98% à la dose de 24g/l. selon VIEGAS et SILVEIRA (1999), l'accumulation de la proline est le résultat de l'effet inhibiteur du sel sur l'assimilation du CO_2 et de l'augmentation du catabolisme des protéines. De nombreux travaux ont montré que la proline migre vers les feuilles pour s'y localiser sous une contrainte saline comme chez l'*Atriplex halimus* L (BIDAI, 2001). Cependant pour d'autres espèces, cas de *Retama retam*, la proline se localiserait dans les tiges (IGHILHARIZ, 1990). Ainsi BENHASSAINI et *al (*2012), montrent que la teneur en proline des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf croît significativement avec la concentration du milieu en sels pour les trois traitements testés (100 ; 200 et 400mM de $NaCl+CaCl_2$) et que la teneur maximale de l'acide aminé est observée sous le traitement à 400 $meq.l^{-1}$ pour l'ensemble des plantules.

Rapport-Gratuit.com

CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES

Compte tenu de ses caractéristiques botaniques, physiologiques et écologiques d'une part, et de son intérêt économique (huile, fourrage, bois) croissant d'autre part, l'arganier est incontestablement un arbre d'avenir, notamment en zones arides et semi –arides Algériennes.

L'objectif de notre travail était l'étude de l'effet du chlorure de sodium (*NaCl*) sur la germination des graines et la croissance des jeunes plantules d'*Argania spinosa* L. en vue d'une sélection précoce des génotypes tolérants au stress salin afin de les utiliser dans les programmes de reboisement des zones touchées par le phénomène de salinité en Algérie.

Afin de déterminer les conditions optimales de germination à utiliser lors de l'étude de la contrainte saline, nous avons, dans un premier temps, effectué des essais préliminaires utilisant différents prétraitements. Les résultats obtenus ont montré une grande variabilité de réponse des semences aux différents traitements appliqués .En effet, le traitement par l'eau oxygénée tiède pendants 4 jours a donné le meilleur résultat avec un taux de germination qui est de l'ordre de 93,33%. Au-delà de cette durée de trempage dans l'eau oxygénée tiède, nous avons constaté une nette réduction du pouvoir germinatif chez l'arganier. En revanche, le traitement des graines dans l'eau tiède pendant 6jours a aboutit à un rendement moyen en générale.

Les résultats de l'étude de la contrainte saline au stade germinatif ont montré une nette variabilité du comportement des provenances étudiées vis-à-vis du sel. En effet, les provenances de 'Oued-Bouyhadine' et de 'Oued El-Gahaouane' sont les plus tolérantes comparativement à la provenance de 'Merkala'. Les graines d'arganier continuent à germer même sous un stress sévère (16g/l de *NaCl*). En présence de cette forte dose saline, les taux de germination ont varié entre 50 et 66,66%, confirmant ainsi une tolérance au sel d'*Argania spinosa* au stade juvénile.

L'effet du sel semble affecter plus la croissance et le développement des plantules que la germination au sens strict, et l'appareil végétatif est le plus touché par le stress que le système racinaire. Nos résultats ont montré une différence de comportement vis-à-vis du sel pour les trois provenances étudiées. En effet, les plants provenant de 'Oued El-Gahaouane' et de 'Oued Bouyhadine' sont les plus tolérants comparativement à ceux issus de Merkala. Toutefois, l'arganier à l'âge juvénile se comporte comme une plante tolérante au sel. Il continu sa croissance pour la provenance d'Oued-Bouyhadine même en présence de forte dose en *NaCl* (16 g/l).

L'analyse de la proline a montré que la provenance de *Merkala* enregistre l'accumulation la plus importante dans les feuilles des plants soumis au stress le plus sévère, Toutefois, la variation quantitative est fonction de la provenance.

Les résultats de cette étude révèlent une variabilité intraspécifique pour la tolérance au stress salin chez les différentes provenances d'*Argania spinosa* étudiées. Cette variabilité concerne essentiellement la croissance estimée par les paramètres biométriques testés et confirmés par l'analyse de la proline, marqueur de la résistance aux stress abiotiques. Elle permet d'envisager la sélection de génotypes particulièrement bien adaptés au stress salin.

Bien que ce travail ait tenté de caractériser la réaction de quelques provenances d'arganier (*Argania spinosa* L) vis-à-vis du stress salin, plusieurs autres questions restent encore posées et nécessitent d'être approfondies

À savoir :

- l'étude de l'effet du stress salin en fonction du stade de développement pour déterminer celui qui serait le plus sensible à la salinité ; et celui a partir duquel le sel n'a plus d'effet, pour programmer l'intervention des irrigations avec l'eau saline en pépinière avant la transplantation.
- Compte tenu de l'importance de cette espèce dans la réhabilitation des sols dégradés surtout dans les régions arides et semi-arides, il est important de multiplier les essais sur d'autres provenances ;
- Identifier des osmorégulateurs autres que la proline pour mieux élucider l'ajustement osmotique qui est un mécanisme très développé par les plantes pour faire face au stress osmotique ;
- Procéder à la discrimination génétique entre les différents génotypes étudiés en utilisant les techniques de biologie moléculaire a fin d'identifier les gènes responsables de la tolérance à la salinité et sélectionner les génotypes les plus résistants.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ADURADOLA A.M et BADRU U., 2004**. Aspect of germination in seeds of *afzelia africana* Sm and *Terminalia ivorensis* A.Chev. *Annales des Science Agronomique du Benin*, **6**(2) :175-184
2. **BABA- SIDI- KASSI S., 2010.** Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magistère. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers. Université Kasdi Merbah – Ourgla, 75p+Annexe.
3. **BAJJI M, KINET J.M et LUTTS S., 2002.** Osmotic and ionic effects of *NaCl* on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (*Chenopodiaceae*). *Can. J. Bot*, **3** (80): 297-304.
4. **BANI-AAMEUR F, FERRADOUS A, DUPUIS P., 1999.** Typology of *Argania spinosa* (*Sapotaceae*) fruits and stones. *Forest Genetics*, **6** (1): 213-219.
5. **BANI-AAMEUR F. et JANIS SIPPLE MICHMERHUIZEN., 1999.** Variabilité de la germination et de la croissance des plantules d'arganier sous des conditions salines. *Résumé des communications. Les premières journées de L'UFR*. État de l'environnement et biodiversité des Écosystèmes terrestres. Faculté des Sciences, Marrakech, 20-23 avril
6. **BANI-AAMEUR F, 2000*a*.** Phenological phases of *Argania spinosa* (L.) Skeels flower. *Forest Genetics*, ***7***(4):329 - 334.
7. **BELKHEIRI O., 2009.** Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conditions de salinité et d'aridité. Thèse de doctorat, Université di Sassari (Espagne), 90p.
8. **BENHASSAINI H, FETATI A, KADDOUR HOCINE A et BELKHODJA M., 2012.** Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. Subsp. *atlantica* used as rootstocks. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **16**(2), 159-165.
9. **BELKHODJA M et BIDAI Y., 2004**. Réponse des graines *d'Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, **4**(15) :331-334.
10. **BELL D.T., 1999.** Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust. J. Bot.* (47): 697-716.
11. **BELLEFONTAINE R, GALIANA A et KENNY L., 2009.**Multiplication végétative et symbioses racinaires de l'arganier Optimisation des agro systèmes à base d'arganier. Projet UE / MEDA / ADS « Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale et gestion durable de l'arganeraie dans le sud-ouest du Maroc ». Rapport final.71p
12. **BEN NACEUR M, RAHMOUNE C, SDIRI H, MEDDAHI M.L et SELMI M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Sciences et changements planétaires/ *sécheresse*, **3**(12):74-167.

13. **BENAOUF Z., 2009.** Essais de germination : Etude physiologique et comportementale des plantules d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) soumis à un stress hydrique dans l'étage semi-aride ouest Algérien. Mémoire de magistère. Faculté des sciences biologiques. Université des sciences et de la technologie «HOUARI BOUMEDIENE». 82p + Annexe.
14. **BENATA H, BERRICHI A.B, REDA TAZI M, ABDELMOUMEN H et MISBAH EL IDRISSI M., 2006.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et le développement de trois espèces légumineuses : *Acacia tortilis* var. raddiana, *Leucaena leucocephala* et *Prosopis juliflora*. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole Settat (*Recueil des résumés*).
15. **BENDAANOUN M., 1994**. Etude de la végétation (Analyse des facteurs écologiques, phytoécologiques et phytosociologiques et cartographie des groupements végétaux) de la Commune Rurale d' Ida ou Tghouma (Province d'Essaouira). AEFCS/ABOULKASSIM S.A. 37p.
16. **BENHASSAINI H , FETATI A, KADDOUR HOCINE A et BELKHODJA M.,2012**. Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **16**(2), 159-165
17. **BENKHEIRA A., 2009.** L'arganeraie Algériennes. *Bulletin d'information Conservation de la Biodiversité et Gestion Durable des Ressources Naturelles*, **9** :1-16
18. **BENMAHIOUL B., DAGUIN F., et KAID-HARCHE M., 2009**. Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.).*C. R. Biologies*, **332** :164-170.
19. **BENNACEUR M, RAHMOUNE C, SDIRI H, MADDAH M. et SELMI, M. 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, **12** (3) : 167-174.
20. **BENZIANE M et YOUSFI S. M., 1989.** L'arganier : L'arbre providentiel du sud marocain. *Forêt Wallonne* 6 : 21-23
21. **BEZZALA A, 2005**. Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Mémoire magistère. Faculté des sciences. Université El Hadj Lakhdar - Université de Batna.96p+Annexe.
22. **BIDAI Y., 2001**. Le métabolisme de la proline chez l'*Atriplex halimus* L stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université *Es-Senia*, Oran: 71p.
23. **BOIS G., 2005.** Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et soclique. Thèse de doctorat. Université de Marseille. France.187p.

24. **BONNET-MASIMBERT M et MULLER C., 1974**. L'Utilisation de l'eau oxygénée pour la levée de dormance des graines de Douglas ne peut constituer qu'une solution de secours. *Revue forestière française,* XXVI : 135-138.
25. **BOUAOUINA S., ZID E et HAJJI M., 2000 .**Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) *CIHEAM*–Options Méditerranéennes : 239-243.
26. **BOUCHOUKH I., 2010**. Comportement écophysiologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de Magistère en Biologie végétale, Université Mentouri –Constantine. 112p + annexes.
27. **BOUDY P., 1952.** Guide *forestière de l'Africaine Tome 2 : Monographie et traitement des essences forestières,* (Ed). LAROSE. Paris : 505 p.
28. **BOUKACHABIA E., 1993.** Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister .université d'Annaba, 108 p.
29. **BOULGHALAGH J, BERRICHI A, EL HALOUANI H et BOUKROUTE A., 2006.** Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsia chinensis* [link] schneider).Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc, 24p.
30. **BOUZOUBAA Z., 1995.** Effet du sel sur la germination de l'arganier *Argania spinosa* L. Skeels *Actes du colloque international* la forêt face à la désertification "cas des Arganeraies" Faculté des Sciences, Agadir : 100-103.
31. **BOUZOUBAA et EL MOUSADIK, 2003.**Effet de la température, du déficit hydrique et de la salinité sur la germination de 1' Arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Acta Bot. Gallica,* **150** (3) :321-33
32. **BRUGNOLI E. & BJÖRKMAN O., 1992**. Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components and dissipation of excess light energy. *Planta,* **187** : 335-347.
33. **CIÇEK N et CAKIRLAR H., 2002 .**The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Bulg. J. Plant Physiol*.**28** (1–2): 66–74.
34. **DEBBOU B., 2003.** Extraction et caractérisation biochimique de l'huile d'argan (*Argania spinoza* L. Skeels).Mémoire d'ingéniorat, Institut National Agronomique (Alger), 45p.
35. **DEBEZ A, CHAIBI W et BOUZID S., 2001.** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agriculture*. **2** (10) : 8-135.
36. **DIÉDHIOU G.J., 2006.** Mechanisms of salts tolerance: Sodium, Chloride, and potassium Homeotasis in two rice lines with diferent tolerance to salanity stress. Dr. Rer.nat theses. Faculté de biologie. Université de Bielefeld, Allman, 190p

37. **EL ABOUDI A., 1990.**Typologie des arganeraies inframéditerranéennes et écophysiologie de l'arganier [Argani*a spinosa* (L.) Skeels] dans le Souss (Maroc). Thèse. Université Joseph Fourier, Grenoble I,133p.
38. **EL ABOUDI A, PELTIER J.P et DOCHE B., 1992**. La carte de la végétation des Aït Baha (Anti Atlas occidental) et son intérêt pour l'édaphologie. *Feddes Repert*.**103** : 121-126.
39. **EL MIDAOUI M, BENBELLA M, AÏT HOUSSA A, IBRIZ M et TALOUIZTE A., 2007.** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé *(Helianthus annuus L.*) *Revue HTE* **136** : 29-34.
40. **EL MOUSADIK A et PETIT R. J ., 1996**. Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco. *Mol. Ecol*. **5**: 547-555.
41. **EL OTMANI A., 1986**- Contribution au développement de l'arganier. Journées d'étude sur l'arganier. Essaouira : 1-22
42. **EL-MEKKAOUI M., 1990.**Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*I. durum* des f) et l'orge (*H.vulgare)* : recherches de tests précoces de sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Montpellier, 191 p.
43. **EMBERGER L. (1924).** A propos de la distribution géographique de l'arganier. *Bull. Sté Sciences nat*. Et phys. du Maroc**, 4** :151 – 153.
44. **EMBERGER L., 1925.** Le domaine naturel de l'arganier. *Bull. Soc. Bot. Fr*., **72** :770 – 774.
45. **EMBERGER L., 1960-** Les végétaux vasculaires.. Atome et organisme, Gauthier-Villars, Masson, Paris, Tome II, 1540 p.
46. **FAOUZI K, BOUKROUTE A, REDA TAZI M et BERRICHI A., 2011.** Etude de l'effet du temps d'imbibition sur la germination des graines d'arganier *(Argania spinosa* L. Skeels) des Béni-Snassen (Maroc oriental). Congrès International sur l'Arganier : 116p
47. **FERRADOUS A, BANI-AAMEUR F et DUPUIS P., 1996**.Climat stationel, phénologie et fructification de l'arganier. Actes de l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (17) : 51-60.
48. **GARRE J.P et PEULON V., 1989.** Traitement, entretien et gestion des arbres en villes. *Rev. For. Fr :* 233-245.
49. **GENOUX C, PUTZOLA F et MAURIN G., 2000.** La Lagune méditerranéenne : Les plantes halophiles. TPE. 1 ère S-2, 22p.
50. **GHANEM H., 1974**. Monographie pédologique de la plaine du Souss. *Serv.Reeh.Ecole*.Direction de la recherche agronomique, Maroc, 101p
51. **GHARBI F, KCHAOU R, REJEB S, KHOUDJA L et REJEB M.N ., 2011.** Tolérance à la Salinité de Trois Espèces d'Eucalyptus aux Stades Germinatif et Plantule. *European Journal of Scientific Research* (2) :208-217
52. **GILL K S., 1979.** Effects of soil salinity on grain filing and grain development in burly. *Biologia plantarum*, **24** (4): 266-269.
53. **GREENWAY H et MUNNS R., 1980.** Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, (31):149-190.

54. **HAMIANI M et BELAROUG I ., 2003.**Contribution à l'étude de la multiplication *in vitro* de l'arganier (*Argania Spinosa* L) .Mémoire d'ingéniorat. Université des sciences et de la technologie d'Oran. 47p
55. **HARROUNI M.C., ZAHRI S et EL HAMAID A., 1995-** Transplantation des jeunes plantules d'arganier : effet combiné de techniques culturales et du stress hydrique. *Actes du colloque international* la forêt face à la désertification « cas des arganeraies » Faculté des sciences, Agadir : 115-133.
56. **HAMROUNI L, BEN ABDALLAH F, ABDELLY C et GHORBEL A., 2008.** La culture in vitro : un moyen rapide et efficace pour sélectionner des génotypes de vignes tolérants à la salinité. *C.R. Biologies*, **2**(331) :152-163.
57. **HAMROUNI L, HANANA M, ABDELLY C et GHORBEL A., 2011.** Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (var. 'Séjnènė). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, **15**(3) : 387-400.
58. **HAWA W., 2007.**La gestion participative et le développement des PFNL comme moyen de réduction de la pauvreté féminine en zones rurales : cas du Maghreb et du sahel. *Programme de Formation en Gestion de la Politique Economique (G.P.E).* Université de Cocody (Cote D'ivoire).60p+annexe.
59. **HOPKINS W.G., 2003.** Physiologie végétale. 2éme édition. De Boeck, Bruscelles:476p.
60. **IGHILHARIZ Z., 1990**. Etude du comportement physiologique, biochimique et structurale du *Retama retam* (R'tam) vis-à-vis du chlorure de sodium. Mémoire Magister, Université Es-Senia, Oran, 120p.
61. **KAABECHE M., BENKHEIRA A et FOUCAULT B., 2010.** L'arganeraie d'Algérie : structure, écologie, syntaxonomie, dynamique. *Acta botanique Galica*, **157**(3) :563-572.
62. **KECHAIRI R. 2009.** Contribution à l'étude écologique de l'Arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels dans la région de Tindouf (Algérie). Mémoire de magistère, Université des sciences et de la technologie «Houari Boumediene».61p+Annexe.
63. **KENNY L., 1998.** Application de la culture *in vitro* à la multiplication des arbres et arbustes de zones arides, Colloque international sur les ressources végétales « l'arganier et les plantes des zones arides et semi-arides », Agadir 23, 24 et 25 avril.
64. **KHAN M A., HAMID A., SALAHUDDIN A.B. M., QUASE A. et KARIM M A., 1997:** Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Ovsya sativa*). *J. Agronomy and science*: 149-161.
65. **KHAN M.A, GUL B et WEBER D.J., 2002.** Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola iberica .Can. J. Bot* (80): 650-655.
66. **KUIPER D, SCHUIT D. & KUIPER J.C., 1990**. Actual cytokinin concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereal. *Plant Soil*, **123**:243-245.

67. **LEBRUN C., 1970.** Prétraitement des graines de Douglas à l'eau oxygénée. *Revue forestière française*, XXII : 473-476.

68. **LEMZERI H., 2006.** Réponses écophysiologiques de trois espèces forestières du genre *Acacia, Eucalyptus et Schinus (A. cyanophylla, E. gomphocephala et S. mölle)* soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine,180 p + annexe.

69. **LEVIGNERON A, LOPEZ F, VARISUYT G, BERTHOMIEN P et CASSE-DELBAR T., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture*. (4): 263-273.

70. **LEWALLE J., 1991.** L'arganier un arbre exceptionnel. *Magazine royale Air Maroc* (53) : 12 – 14.

71. **LUTTGE U, KLUGE M et BAUER G., 2002.** Botanique. 3éme édition, *Tec et Doc Lavoisier*, Paris: 439- 450.

72. **M'HIRIT O., 1987.** L'arganier, une espèce fruitière, forestière à usages multiples des zones arides méditerranéens. *Inst. Agr. Médit*, Saragosse :1-55.

73. M'HIRIT O., BENZYANE M., BENCHEKROUNE F., EL YOUSFI S.M et BENDAANOUN M., 1998. **L'arganier une espèce fruitière - forestière à usage multiples. *Pierre Mardaga* (éd). Belgique : 10 – 97.**

74. M'HIRIRT O, BENZYANE M , BENCHEKROUN F, EL YOUSFI S.M. et BENDAANOUN M., 1998. **L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples. (éd) P. Mardaga, Hayen, Belgique, 144p.**

75. **MAILLARD J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap International*, 34p.

76. **MARGARA J., 1984.** Bases de la multiplication végétative : les méristèmes et l'organogenèse. (éd) INRA. Paris, 262p.

77. **MERMOUD A., 2006.** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.

78. **MOKHTARI M., ZAKRI B., 1998**. Limites phytotechniques et physiologiques au bouturage, marcottage et greffage de l'Arganier. *In* : Actes du colloque international sur les ressources végétales, Faculté des sciences d'Agadir, Maroc : 124–131

79. **MOKHTARI M, HAROUNI M.C et BENISMAIL M.C., 2002.**Production rapide de plants d'Arganier aptes à la transplantation .*Bull transfert de la technologie en agriculture*.IAV Hassan II, Agadir, (95) :1-4

80. **MSANDA, F. 1993** - Ecologie et cartographie des groupements végétaux d'Anzi (Anti-Atlas occidental, Maroc) et contribution à l'étude de la diversité génétique de l'arganier. Doctorat Université J. Fourier, Grenoble I, 116p.

81. **MSANDA F, EL ABOUDI A et PELITIER JP., 2005.** Biodiversité et biogéographie de l'arganier marocaine, *Rev. Cahier Agriculture*, Maroc, 4 (14), 358p.

82. **MULHING K.H et LAUCHLI A., 2002.** Effect of salt stress on growth and cation compartimentation in leaves of two plant species differing in salt tolerance. *J. Plant Physio*. 159: 137-146.

83. **MUNNS R., 1993.** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ*. (16): 15-24.

84. **NAKASHIMA K, SATOH R, KIYOSUE T, YAMAGUCHI-SCHINOZAKI K et SCHINOZAKI K., 1998.** A gene encoding proline deshydrogenase is not only induced by proline and Hypoosmolarity, but is also developmentally regulated in the reproductive organs of *Arabidopsis* . *Plant Physiol*. **118**(12): 33-41.

85. **NDOUR P et DANTHU P., 2000.** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. Projet National de Semences Forestières du Sénégal. 11 p.

86. **NEFFATI M., 1994.** Caractérisation morpho-biologique de certaines espèces végétales nord africaines : implication pour l'amélioration pastorale. Thèse de doctorat, Université de Gand (Belgique). 170p.

87. **NOUAIM R., CHAUSSOD R., MANGIN G., MUSSILLON P., 1990.** L'arganier ; système racinaire et microflore. In : colloque « Ligneux des zones arides », Nancy (France). *Forest Genetics*, **7**: 333-338.

88. **NOUAIM R., CHAUSSOD R., EL ABOUDI A., SCHNABEL C. et PELTIER J.P., 1991**. L'Arganier. Essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. *In :* Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. *Groupe d'étude de l'arbre* (Paris) : 373- 388.

89. **NOUAIM R. et CHAUSSOD R., 1993-** L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels). Le flamboyant *bulletin de liaison des membres du réseau arbres tropicaux*, **27** :50-64.

90. **NOUAIM R., 1994.** Ecologie microbienne des sols d'arganeraies : activités microbiologiques des sols et rôle des endomycorhizes dans la croissance et la nutrition de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse de doctorat d'Etat Es Sciences, Université Ibnou Zohr, Agadir.193p + annexes.

91. **OUERGHI Z, ZID E, HAJJI M et SOLTANI A., 1998.** Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé. *CIHEAM - Options Méditerranéennes* : 309- 31.

92. **PELTIER J.P., 1982** .La végétation du bassin versant de l'oued Souss (Maroc). Thèse Doctorat Es Sciences, Université des sciences médicales, Grenoble. 201p.

93. **PRADO F.E, BOERO C, GALLARDO M. et GONZALEZ J.A., 2000**. "Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in Chenopodium quinoa Willd. Seeds", *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 4:27-34.

94. **PUMAREDA L., HENRY F., CHARROUF Z., PAULY G. et FALCONNET G., 2006.** Valorisation des feuilles d'arganier : impact environnemental. *Bois et forêts des tropiques*, **287** (1) :35-44

95. **QUEZEL P. et SANTA S., 1962**.*Nouvelle Flore de l'Algérie et régions désertiques méridionales*. (éd)CNRS, Paris. 2 Tome ,1170p.

96. **RADHOUANE L., 2008.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Autochtones de Tunisie. *C.R. Biologies*, **4**(331): 278-28.

97. **RADI N., 2003.** L'arganier arbre de sud-ouest marocain, en péril, à protéger. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie .Faculté de pharmacie, Université de Nantes, 59p

98. **RAHMOUNE C, SEMADI A, AUAD H et TAHAR A., 1997.** Air quality and lichenic distribution in the north eat Algeria. Proc of Second International Scientific Conference. Science, Development and Environment, *Cairo*, Egypt: 333-344.

99. **RAHMOUNE C, PAUL R et DREZE P., 1998.** Interaction between foliar and root intake of Zn by peas .Proc. Symposium: Foliar fertlisation "A technic to improve production and desease pollution", Eds Publ. *NCR*: 181-184.

100. **RAHMOUNE C, SERIDI R, PAUL R et DREZ P., 2000.** Influence on Zn concentration in solution Applied to leaves and Roots on the absorption and translocation of Cd by leave. *Agricultural Sciences*, **1**(27):72-77.

101. **RAHMOUNE C, MAALEM S, KADRI K et BEN NACEUR M., 2008.** Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *Atriplex* en zones semi arides. *Revue des régions arides*, **21** (2): 924-929.

102. **RASANEN L.A., 2002.** Biotic and abiotic factors infl uencing the development of N2-fi xing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis.* Academic dissertation in microbiology. Helsinki. Thesis.80p.

103. **REDA TAZI M, BERRICHI A et HALOUI B., 2001.** Germination et croissance *in vitro* de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snasse (Maroc oriental) à différentes concentrations en *NaCl.* Actes, *int Agron.Vet* (Maroc), **3**(21) :163-168.

104. **REJILI M, VADEL M.A et NEFFATP M., 2006.** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du *NaCl. Revue des Régions Arides*, **1**(17): 65-78.

105. **RHODES J., LAVEDAY J., 1990.** Salinity in irrigated agriculture riverside. *USDA*: 1089-1141.

106. **RIEDACKER A., DREYER E., PAFADNAM C., JOLY H. et BORY G., 1990.** Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides. Groupe d'étude de l'Arbre. Observatoire du Sahara et du Sahel. Séminaire. Paris-Nancy,20 mars- 6avrile: 373 – 465.

107. **RIEUF P., 1962**.Les Champignons de l'arganier. *Les Cahiers de la Recherche Agronomique*, INRA, Rabat, **15** : 8-25.

108. **ROLSTON M.P., 1978.** Water impermeable seed dormancy. *Bot. Rev*, **44**: 365-396.

109. **ROUHI R., 1991.** Anatomie de l'arganier (*Argania spinosa (L.) Skeels*).Actes du colloque international sur l'arganier. Agadir. : 100 – 103.

110. **RUSH D.W et EPSTEIN E., 1981.** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106): 699-704.

Rapport-Gratuit.com

111. SANTIAGO L.S., 2000. Morphological and physiological responses of hawaiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity. *Int. J. Plant Sci*., **161** : 99-106.

112. SEMMADI, A. et RAHMOUNE C., 1995. Influence de la pollution atmosphérique sur les rendements agricoles. *Rev. Sci. Technol*. **6** :31-41.

113. SENTENAC H et BERTHOMIEU P., 2003. Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier /Université/CNRS/ INRA) Service Presse INRA. 34p.

114. SLAMA F., 1986. L'effet de chlorure de sodium sur la croissance et la nutrition minérale de six espèces de plantes cultivées. *Agronomie tropicale* : 21-26.

115. STEWART CR et LEE J.A., 1974. The role of proline accumulation in halophytes. *Planta*; **120** : 279-289.

116. SZABOLCS I., 1994. Soils and salinization. *In*: Pessarakli, M. (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York: 3-11.

117. TAFFOUO, V. D., KENNE, M., TASSE, R., WAMBA, O. F., FONKOU, T., MVONDO, Z. et AMOUGOU, A. (2004) Variation de la réponse au stress salin chez cinq espèces de légumineuses. *Agronomie africaine*, **1**(16) :33-44.

118. TAHRI E.H, BELABED A.M. et SADKI K., 1998. Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). Université Mohamed Premier. Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, **2** : 81-87.

119. TERMAAT A, PASSIOURA J.B & MUNNS R., 1985. Shoot turgor does not limit shoot growth of *NaCl* - affected wheat and barley. *Plant Physiol*, **77**: 869-872.

120. THEWYS B., 1987.Connaissances générales de l'arganier et participation aux possibilités de multiplication *in vitro*, Graduat en agronomie, travail de fin d'études, Inst. Sup. Indust. de l'État Huy-Gembloux-Verviers, Belgique, 60 p.

121. THIERRY L., 1987. L'arganier au Maroc : sa description, ses méthodes de multiplication et son application en reforestation. Thèse d'ingénieur technique, Institut provençal d'enseignement supérieur agronomique et technique.183p.

122. THORNTON F.C., SCHAEDLE M. & RAYNAL D.J. (1988). Sensitivity of red oak (*Quercus rubra* L.) and american beech (*Fagus grandifolia* Ehrh) seedling to sodium salt in solution culture. *Tree Physiology*, **4**: 167-172

123. TRAN V.N et CAVANACH A.K., 1984.Stuctural aspects of dormancy*: In: D.R.Murray* (ed) Seed Physiology. Academic Press, Melbourne: 1-44.

124. TREMBLIN G., 2000. Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. *Sécheresse*, **11** (2): 109-116**.**

125. **VIEGAS R.A. et SILVEIRA J.A., 1999.** Ammonia assimilation and proline accumulation inyounge cashew plante during longterm escposure to nall-salinity. *Revista brasileira de fisiologia vegetal*, **3**(11):153-159.

126. **VINCENT R., 2006.** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Rennes I, 237p

127. **WALKER R.R., TOROKFALVY E., SCOTT N.S. & KRIEDEMANN P.E., 1981**. An analysis of photosynthetic response to salt treatment in *Vitis vinifera*. *Aust. J. Plant Physiol*., **8**:359- 374

128. **WANG W.X, VINOCUR B, SHOSEYOV O, et ALTMAN A., 2001.** Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Hort*,**560**: 285-292

129. **YEO A.R., 1983.** Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiologia Plantarum* **58**: 214-222.

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

131. **ZID E., 1982.** Relations hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium* : effets de l'âge et de la salinité. *Rev. FAC. Sc*. Tunis, **2** : 195-205.

132. **ZID E et GRIGNON C., 1991.** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. *John Libbey. Eurotext*, Paris : 91-108.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La longueur de la tige

Tab.1*-La provenance de Merkala*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	15,67	15,60	3,97	1,40	**A**
4g/l	8	15,612	15,550	1,931	0,683	**A**
8g/l	8	13,963	14,600	2,377	0,840	**AB**
16g/l	8	9,38	9,50	7,93	2,80	**B**

Tab.2*-La provenance d' Oued El-Gahaouane*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	15,737	15,550	2,571	0,909	**AB**
4g/l	8	18,200	18,85	4,16	1,47	**A**
8g/l	8	12,463	12,30	3,80	1,34	**B**
16g/l	8	16,213	15,90	2,91	1,03	**AB**

Le rapport en longueur LR/LT

Tab.3*-La provenance de Merkala*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	1,311	1,245	0,449	0,159	**AB**
4g/l	8	1,611	1,589	0,306	0,108	**A**
8g/l	8	1,578	1,394	0,849	0,300	**A**
16g/l	8	0,743	0,460	0,843	0,298	**B**

Tab.4*-La provenance d' Oued El-Gahaouane*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	1,443	1,467	0,449	0,159	**B**
4g/l	8	1,278	1,069	0,502	0,178	**B**
8g/l	8	2,008	1,910	0,631	0,223	**A**
16g/l	8	1,393	1,297	0,341	0,121	**B**

Le diamètre au collet

Tab.5*-La provenance de Merkala*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	2,664	2,645	0,285	0,101	**AB**
4g/l	8	3,437	3,380	0,460	0,163	**A**
8g/l	8	2,823	2,725	0,457	0,162	**AB**
16g/l	8	2,183	2,730	1,393	0,493	**B**

❖ ***Le poids frais racinaire***

- ***Tab.6****-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	0,1675	0,1650	0,0417	0,0147	**A**
4g/l	8	0,1625	0,1600	0,0388	0,0137	**A**
8g/l	8	0,2600	0,2550	0,0733	0,0259	**B**
16g/l	8	0,2600	0,2550	0,0868	0,0307	**B**

❖ ***La biomasse sèche aérienne***

- ***Tab.7****-La provenance de Merkala*

Variables	N	Moyenne	Médiane	EcarType	Er-T moy	Groupes homogènes
Témoin	8	0,1775	0,1850	0,0489	0,0173	**A**
4g/l	8	0,1962	0,2050	0,0529	0,0187	**A**
8g/l	8	0,1712	0,1500	0,0589	0,0208	**A**
16g/l	8	0,0950	0,0700	0,1045	0,0369	**B**

❖ ***La longueur de la tige :***

▪ ***Tab.1****-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	210,6	70,2	3,19	**0,039**
Erreur	28	616,3	22,0		
Totale	31	828,9			

▪ ***Tab.2****-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	135,9	45,3	3,87	**0,020**
Erreur	28	327,4	11,7		
Totale	31	463,3			

▪ ***Tab. 3****-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	4,9	1,6	0,14	0,935
Erreur	28	323,0	11,5		
Totale	31	327,8			

❖ ***La longueur de la racine***

▪ ***Tab.4****-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	825	275	2,61	0,071
Erreur	28	2954	106		
Totale	31	3780			

▪ ***Tab.5****-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	92,0	30,7	0,44	0,725
Erreur	28	1944,5	69,4		
Totale	31	2036,4			

▪ ***Tab.6****-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	47,5	15,8	0,37	0,774
Erreur	28	1190,4	42,5		
Totale	31	1237,9			

❖ ***Rapport en longueur racine/tige***

▪ ***Tab.7****-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	3,875	1,292	2,99	**0,048**
Erreur	28	12,086	0,432		
Totale	31	15,961			

▪ ***Tab.8****-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	2,543	0,848	3,50	**0,028**
Erreur	28	6,779	2,242		
Totale	31	9,322			

- ***Tab.9**-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,083	0,028	0,16	0,923
Erreur	28	4,901	0,175		
Totale	31	4,985			

❖ ***Le nombre des feuilles***

- ***Tab.10**-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	272,4	90,8	1,44	0,253
Erreur	28	1767,5	63,1		
Totale	31	2039,9			

- ***Tab.11**-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	166,6	55,5	2,55	0,076
Erreur	28	609,4	21,8		
Totale	31	776,0			

- ***Tab.12**-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	16,4	5,5	0,31	0,816
Erreur	28	488,5	17,4		
Totale	31	504,9			

❖ ***Le nombre des nœuds***

- ***Tab.13**-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	217,6	72,5	1,35	0,279
Erreur	28	1506,1	53,8		
Totale	31	1723,7			

- ***Tab.14**-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	135,1	45,0	2,14	0,177
Erre	28	588,4	21,0		
Totale	31	723 ,5			

- ***Tab.15**-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	21,3	7,1	0,43	0,730
Erreur	28	456,3	16,3		
Totale	31	477,5			

❖ ***Le diamètre au collet***

- ***Tab.16**-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	6,437	2,146	3,51	**0,028**
Erreur	28	17,106	0,611		
Totale	31	23,542			

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

***Tab.17**-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,900	0,300	1,97	0,141
Erreur	28	4,253	0,152		
Totale	31	5,153			

- ***Tab.18**-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,841	0,280	2,40	0,089
Erreur	28	3,277	0,117		
Totale	31	4,118			

❖ ***Le poids frais aérien***

- ***Tab.19**-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,771	0,257	2,24	0,106
Erreur	28	3,216	0,115		
Totale	31	3,988			

- ***Tab.20**-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,3662	0,1221	2,30	0,099
Erreur	28	1,4844	0,0530		
Totale	31	1,8506			

- ***Tab.21**-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,0582	0,0194	0,54	0,656
Erreur	28	0,9983	0,0357		
Totale	31	1,0565			

❖ ***Le poids frais racinaire***

- ***Tab.22**-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,0162	0,0054	0,32	0,807
Erreur	28	0,4660	0,0166		
Totale	31	0,4822			

- **Tab.23-**La provenance d'Oued El-Gahaouane

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,00866	0,00289	0,48	0,699
Erreur	28	0,16833	0,00601		
Totale	31	0,17699			

- ***Tab.24**-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,07230	0,02410	5,97	**0,003**
Erreur	28	0,11310	0,00404		
Totale	31	0,18540			

❖ ***La biomasse sèche aérienne***

▪ ***Tab.25****-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,04777	0,01592	3,25	**0,036**
Erreur	28	0,13703	0,00489		
Totale	31	0,18480			

Tab.26*-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,01338	0,00446	1,48	0,243
Erreur	28	0,08469	0,00302		
Totale	31	0,09807			

▪ ***Tab.27****-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,00293	0,00098	0,44	0,723
Erreur	28	0,06166	0,00220		
Totale	31	0,06460			

❖ ***La biomasse sèche racinaire***

▪ ***Tab.28****-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,002325	0,000775	1,42	0,258
Erreur	28	0,015275	0,000546		
Totale	31	0,017600			

▪ ***Tab.29****-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,001963	0,000654	2,17	0,113
Erreur	28	0,008425	0,000301		
Totale	31	0,010388			

▪ ***Tab.30****-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,000409	0,000136	0,57	0,640
Erreur	28	0,006713	0,000240		
Totale	31	0,007122			

❖ ***Le rapport de biomasse sèche (BSR/BSA)***

▪ ***Tab.31****-La provenance de Merkala*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,0734	0,0245	1,46	0,247
Erreur	28	0,4699	0,0168		
Totale	31	0,5433			

▪ ***Tab.32****-La provenance d'Oued El-Gahaouane*

Source	DL	Sommes des carrés	CM	F	P
Facteur	3	0,2808	0,0936	1,87	0,158
Erreur	28	1,4042	0,0501		
Totale	31	1,6849			

Tab.33*-La provenance d'Oued-Bouyhadine*

Source	**DL**	**Sommes des carrés**	**CM**	**F**	**P**
Facteur	3	0,0034	0,0011	0,11	0,952
Erreur	28	0,2865	0,0102		
Totale	31	0,2900			

✓ *Tab .1 :Rapport en longueur racine/tige*

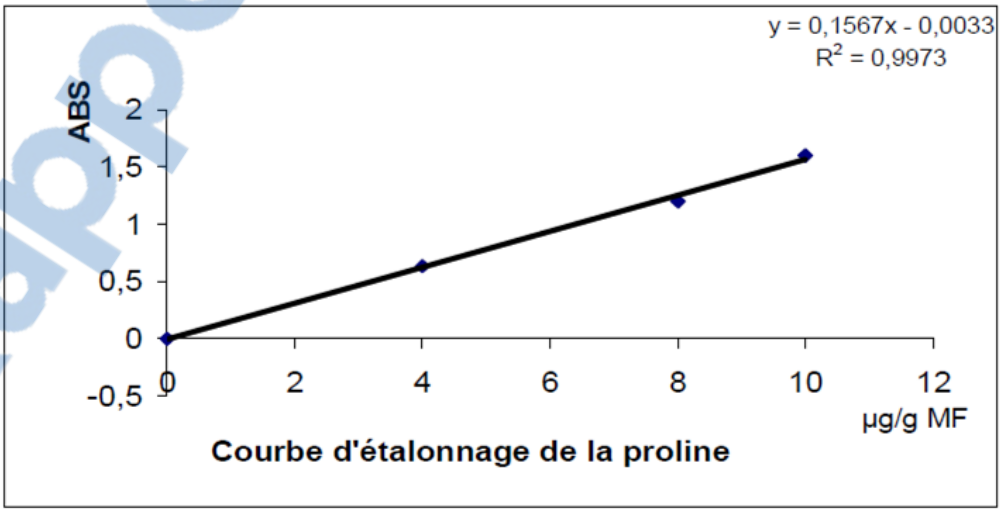
Source	DL	Somme des carrées	CM	F	P
Concentration en *NaCl*	3	1,7529	0,87643	3,10	0,050
Provenance	2	3,2118	1,07062	3,78	0,013
Interaction	6	3,2895	0,54824	1,94	0,084
Erreur	84	23,7668	0,28294		
Total	95	32,0210			

✓ *Tab.2 :La biomasse sèche aérienne*

Source	DL	Somme des carrées	CM	F	P
Concentration en *NaCl*	3	0,0030365	0,0010122	2,80	**0,045**
Provenance	2	0,0046896	0,0023448	6,48	**0,002**
Interaction	6	0,0016604	0,0002767	0,76	0,600
Erreur	84	0,0304125	0,0003621		
Total	95	0,0397990			

✓ *Tab.3 :Rapport de biomasse PSR/PSA*

Source	DL	Somme des carrées	CM	F	P
Concentration en NaCl	3	0,10243	0,034144	1,33	0,271
Provenance	2	0,35206	0,176028	6,84	**0,002**
Interaction	6	0,25520	0,042533	1,65	0,143
Erreur	84	2,16063	0,025722		
Total	95	2,87032			



Rapport-Gratuit.com