

Etude de différents milieu de culture, de substances de croissances et de salinité sur la morphogènesedel'Atriplex halimus

Présentée par :

BENREBIHA FATIMA ZOHRA

Mr A. BOUTEKRABT Professeur Directeur de thèse

Soutenue le : 01-10-2003

Devant le jury composé de : Mr Z. BOUZNAD Professeur Président Mr Y. DAOUD Professeur Examineur Mr H. ABDELKRIM Maître de conférence Examineur Mr L. KHELIFI Maître de conférence Examineur

Table des matières

REMERCIEMENTS .	1
AVANT – PROPOS .	3
RESUME .	5
SUMMARY . .	7
ص . . خ لم	9
ABREVIATIONS .	11
INTRODUCTION .	13
CHAPITRE I DONNEES GENERALES SUR L'ATRIPLEX .	17
1 - Présentation de la plante .	17
2 - Caracteristiques morphologiques de l' <i>Atriplex halimus</i> .	18
3 - Importance des <i>Atriplex</i> .	19
3 .1 . Importance économique .	19
3 . 2 . Importance écologique .	19
3 . 3 . Importance agronomique .	20
4 - Répartition en Algérie .	21
5 - Exigences climatiques .	21
6 - Exigences édaphiques .	22
6 .1 . Nature du sol . .	22
6 . 2 . La salure . .	22
6 . 3 . Résistance à la submersion .	23
7 - Mode de multiplication .	23
7 . 1 . Macropropagation .	23
7 . 2 . Semis direct .	23
7 . 3 . Bouturage . .	23
7 . 4 . Eclats de souches .	24
CHAPITRE II MATERIEL ET METHODES .	25

1 – Matériel végétale . .	25
1 . 1 . Origine des semences . .	25
1 . 2 . Préparation et désinfection des graines .	25
1 . 3 . Germination des graines . .	26
1 . 4 . Repiquage des plantules .	26
1 . 5 . Obtention des explants . .	26
2 - Milieu de culture . .	26
2 .1 . Dilutions .	27
2 . 2 . Substances de croissance .	27
2 . 3 . Suspension cellulaire .	28
3 - Le sel . .	29
4 - Stérilisationdes milieux . .	29
5 - Conditions de culture .	29
6 - Dosage de la proline .	29
7 - Paramètres étudiés .	30
8 - Expression des résultats .	30
Chapitre III Effet des milieux et des régulateurs de croissance sur la morphogenèse de l'<i>Atriplex halimus</i> .	31
1 - Effet des différents milieux . .	32
1 . 1 . Nombre de paires de feuilles .	32
1 . 2 . Longueur de la tige .	33
1 . 3 . Longueur de la racine principale .	35
1 . 4 . Discussion et conclusion .	36
2 - Effet des dilutions sur la morphogenèse .	38
2 . 1 . Nombre de paires de feuilles .	38
2 . 2. Longueur de la tiges . .	38
2 . 3 . Longueur de la racine principale .	39
2 . 4 . Conclusion et discussion . .	40
3 - Effet des régulateurs de croissance sur la morphogenèse de l'<i>Atriplex halimus</i> . .	41

3 . 1 . Milieu MURASHIGE et SKOOG + AIA .	41
3 . 1 . 1 . Nombre de paires de feuilles . .	41
3 . 1 . 2 . Longueur de la tige . .	42
3 . 1 . 3 . Longueur de la racine principale . .	44
3 . 1 . 4 . Discussion et Conclusion .	45
3 . 2 . milieu GAMBORG + AIA .	46
3 . 2 . 1 . Nombre de paires de feuilles . .	46
3 . 2 . 2 . Longueur de la tige . .	47
3 . 2 . 3 . Longueur de la racine principale . .	47
3 . 2 . 4 . Discussion et conclusion .	49
3 . 3 . Conclusion . .	50
CHAPITRE IV Effet des substances de croissance sur l'obtention de cals embryogènes . .	51
1 - Influence des combinaisons en substance de croissance sur différents types d'explants .	52
1 . 1 . Milieu de base GAMBORG .	53
1 . 2 . Milieu de base MURACHIGE et SKOOG .	60
2 - Suspension cellulaire .	64
3 - Conclusion .	66
Chapitre V Effet du sel sur la morphogenèse de l' <i>Atriplex halimus</i> et la teneur en proline en culture in- vitro et in- vivo .	67
1 . Effet de la salinité sur la croissance de l' <i>Atriplex halimus</i> en culture in-vitro .	69
1 . 1 . Effet du sel sur la croissance des plantules .	69
1 . 2 . Accumulation de la proline chez les <i>vitro-semis</i> d' <u><i>Atriplex halimus</i></u> .	75
2 - Effet de salinité sur la croissnce de l' <i>Atriplex halimus</i> en culture <i>in vivo</i> . .	80
2 . 1 . Effet du sel sur la croissance des plantules .	80
2 . 2 . Accumulation de la proline chez l' <i>Atriplex</i> en culture <i>in- vivo</i> .	84
3 - Effet de la salinité sur le développement des cals . .	87
3 . 1 . Effet du sel sur le pourcentage des cals . .	87
3 . 2 . Effet du sel sur la couleur et la texture des cals .	88
3 . 3 . Effet du NaCl sur le poids frais des cals . .	90

3 . 4 . Discussion et conclusion .	91
4 – Conclusion . .	92
CONCLUSION GENERALE .	95
BIBLIOGRAPHIE . .	97
Annexe . .	111

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont aidé à le réaliser

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur A.BOUTEKRABT, pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail ; la synthèse de ce travail n'aurait pas pu être réalisée sans son aide et son esprit critique ; je le remercie sincèrement pour les conseils et les encouragements qu'il m'a continuellement donné.

Je remercie Monsieur Le Professeur J.L .GUIGNARD pour sa gentillesse et son accueil chaleureux lors de mon séjour dans son laboratoire à Châtenay-Malabry (Faculté de pharmacie, Université de Paris XI).

Mes remerciements vont également à Monsieur Le Professeur P.BINET de l'université de Caen qui nous a fait part de sa longue expérience sur le problème de la salinité chez les *Atriplex*.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Madame Y.POURRAT pour l'intérêt qu'elle a porté à mon travail, pour ses conseils et son amitié, je la remercie sincèrement.

Je suis particulièrement reconnaissante à l'honneur que me fait Monsieur Le Professeur Z.BOUZNAD d'avoir bien voulu présider le jury.

Je remercie vivement Monsieur Y.DAOUD professeur, H.ABDELKRIM maître de conférence et L.KHELIFI Maître de conférence de l'Institut National d'Agronomie

d'El-Harrache qui ont bien voulu examiner mon travail et participer au jury.

Que FAIROUZ, FATIMA et CHERIFA trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour leur encouragement et leur amitié.

AVANT – PROPOS

Ce travail a bénéficié d'une aide financière de :

International foundation for science, Stockholm (Sweden).

Deux projets C.E.E. (STD3 et INCO-DC), Bruxelles.

Projets M.E.R.S.

RESUME

Les *Atriplex* de part leur pérenité et leur résistance aux contraintes du milieu notamment à la salinité et à la sécheresse peuvent constituer dans les régions aride et semi-aride un moyen de mise en valeur et lutte contre la désertification. La diminution des stocks de semences dans le sol par divers facteurs, notamment les aléas climatiques et l'inhibition de la germination des graines rendent la propagation par semis de cette espèce à la fois faible et aléatoire.

L'expérimentation a porté sur la recherche d'un milieu de culture adéquat pour une meilleure micropropagation. L'effet des hormones de croissance (Auxines, cytokinines et 2-4D) et de la salinité ont également été testés.

Les résultats obtenus ont montré que le milieu GAMBORG, favorise l'induction à la callogenèse et le milieu MURASHIGE et SKOOG, favorise la production foliaire, la longueur de tige et de la racine principales.

L'aptitude des différents types d'explants à la callogenèse et la formation de cals embryogènes varie en fonction des concentrations en auxines et cytokinine combinées et également en fonction du type d'auxine et cytokinine utilisé, les meilleures combinaisons qui ont permis aux différents explants d'exprimer leur pouvoir callogène sont l'AIA- Kinetine et 2,4-D-Kinetine pour le milieu GAMBORG et 2,4-D-Kinetine pour le milieu MURASHIGE et SKOOG.

L'étude des diverses concentrations de sel sur la croissance des plantules *in-vitro* et *in-vivo*, ont révélé que la concentration 5g/l de NaCl

stimule la croissance des différents paramètres étudiés (Nombre de paire de feuilles, longueur de la tige et de la racine principale), mais à partir de 20g /l de NaCl la croissance diminue considérablement.

La teneur en proline augmente progressivement en fonction de la concentration en NaCl et varie selon des organes la plus grande concentration est obtenue à 40g/l.

Mots clés : *Atriplex halimus* ; *in vitro* ; embryogenèse somatique ; stress salin

SUMMARY

The Atriplex of part their everlastingness and their resistance forced the middle including salinity and drought may be in the arid and semi-arid a means of development and the fight against desertification. The decline in stocks of seeds in the soil by various factors, including weather and the inhibition of germination of seeds make semis by the spread of this species in both weak and uncertain.

The experiment was focused on finding a culture medium suitable for a better micropropagation. The effect of growth hormones (Auxines, cytokinins and 2-4D) and some saltiness has also been tested.

The gotten results showed that the GAMBORG middle, promotes the induction callogenesis and the MURASHIG and SKOOG middle, encourage foliar production, the length of stem and root of the main root.

The faculty of the defers types of explants the callogenesis and training cals embryogènes varies depending on concentrations auxins and cytokinin combined and also depending on the types of auxin and cytokinin used, the best combinations that have enabled different explants to express their power callogène are AIA-Kinetine and 2,4-D-Kinetine for mid GAMBORG and 2,4-D-Kinetine for mid MURASHIGE and SKOOG.

The various concentration survey in salt one the growth of seedlings in-vitro and in vivo, revealed that the concentration 5g / l NaCl stimulates the growth of various parameters studied (Number of even leaf, length of the stem and the main root), but from 20g / l NaCl growth decreases considerably.

The content of proline increase progressively according to the concentration of NaCl and vary according to the organs. The biggest concentration is gotten to 40g/l.

Keys words : Atriplex halimus ; in vitro ; somatic embryogenesis; saline stress

ص خلم

يعتبر نبات *Atriplex halimus* عنصر مهم مكافحة ظاهرة التصحر في مناطق السهوب وذلك راجع لمقاومته للملوحة وجفاف التربة، لذا تناولنا في دراستنا هذه تأثير مختلف المحاليل على نمو هذه النبة.

التجارب كان لها دور للبحث على وسط ملائم لنمو هذه النبة و أثر هرمونات النمو (الأوكسين، و سيتوكينين و 2,4-D) وكذلك الملوحة.

النتائج المحصل عليها برهنة أن محلول (GAMBORG) يحفز النمو الكالوجوني بينما محلول MURACHIGE و SKOOG يحفز الإنتاج الورقي و طول السيقان والجذر الرئيسي.

تجارب مختلف عينات النبة للكالوجيناز يتغير بدلالة التركيز من الأوكسين و سيتوكينين و مرتبطة أيضا بنوع الأوكسين و سيتوكينين المستعملين، و أحسن تركيبة التي سمحت لمختلف عينات النبة للتعبير عن قدرتها للكالوجينيا هي 2,4-D-kinétine أو AIA-kinétine و ذلك للمحلول GAMBORG و 2,4-D-kénitne للمحلول MURASHIGE و SKOOG.

دراسة مختلف تركيز الملح على نمو التنباتات في الزراعة *in-vitro* و *in-vivo* أكدت أن التركيز 5 غل من NaCl تحفز نمو مختلف المقاييس المدروسة (عدد أزواج الأوراق، طول الساق و الجذر الرئيسي)، لكن زيادة تركيز NaCl عن 20 غل يؤدي إلى انخفاض معتبر للدرجة النمو.

أن مدى البرولين يتزايد نسبيا بدلالة تركيز ب NaCl و يتغير بتغير الأعضاء. أكبر تركيز تمكنا من تحديده هو 40 غل.

الكلمات المفتاحية :

Atriplex halimus – الزراعة *in-vivo*, الزراعة *in-vitro*, الاجهاد الملحي.

ABREVIATIONS

A I A : Acide indol-3-acétique
2-4D : Acide 2,4-dichlorophénoxyacétique
G : Milieu de GAMBORG
H : Milieu de HELLER
MF : Masse de matière fraîche
MS : Milieu de MURASHIGE et SKOOG
NaCl : Chlorure de sodium

INTRODUCTION

Les ressources alimentaires et en particulier les productions pastorales des zones semi-arides diminuent continuellement et de façon très accrue. Ce phénomène de désertification très préoccupant résulte d'une chaîne de causes et de facteurs souvent indissociables (accroissement de la population, défrichement, sécheresse, surpâturage). Ce processus de dégradation devenu alarmant ces deux dernières décennies touche particulièrement la steppe qui constitue le support principal de l'élevage ovin (BAUMER, 1963 ; LE HOUEROU et al., 1975 ; GRAINGER, 1983 ; AIDOUUD et AIDOUUD, 1988).

En Algérie, plus de 200.000 ha sont perdus chaque année (BENREBIHA et BOUABDALLAH, 1988).

D'autre part, plus de la moitié des terres irriguées souffrent d'une salinisation très difficilement réversible. En Algérie, l'extension de la mise en valeur grâce à la mobilisation des ressources hydriques souterraines, avec une irrigation souvent mal conduite aboutit à une stérilisation (forte salinité) des terres. Ce phénomène est aggravé par la forte évapotranspiration (particulièrement l'évaporation) liée au climat aride (GRILLOT, 1953 ; AUBER, 1960 ; SIMONNEAU, 1961).

Il faut souligner aussi que suite à une utilisation irrationnelle des labours et du surpâturage, la végétation naturelle se dégrade et se raréfie.

On estime actuellement que le potentiel des parcours steppiques a chuté de 90 à 50% selon les régions et le type de pâturage (BENREBIHA, 1991). Cela accentue la crise du pastoralisme amorcée depuis fort longtemps et qui se

répercute sur le déficit en protéines animales d'une population de plus en plus croissante et exigeante.

La lutte contre la désertification par le repeuplement des zones est devenue une nécessité et une priorité aussi bien à l'échelle internationale (conférence de NAIROBI, 1978 et les différents réunions et congrès internationaux qui se tiennent régulièrement) qu'à l'échelle nationale (barrage vert, projets de développement intégré, code pastorale ..).

Dans ce contexte, les *Atriplex* peuvent jouer un rôle très important. *L'Atriplex halimus* connaît un intérêt et un développement important particulièrement dans le bassin méditerranéen, en Australie et aux U.S.A. En effet, ces arbustes semblent actuellement les mieux adaptés pour stabiliser et augmenter la production fourragère et mettre en valeur des terres dégradées, chargées en sels et dont leur surface connaît, pour diverses raisons une forte extension.

L'Atriplex halimus est utilisé fondamentalement comme arbuste fourrager dans les régions où l'activité principale reste le pastoralisme. Les nappes d'*Atriplex halimus* constituent des réserves fourragères importantes en saison sèche et en année difficile. La production fourragère s'étale durant toute l'année avec un maximum au printemps. Son feuillage persistant et riche en protéines est très apprécié en saison estivale, automnale et en année de sécheresse où le tapis herbacé est très rare.

En Afrique du Nord, la plantation d'*Atriplex* produit 1000 à 2500 U.F/HA/an (BOUABDALLAH,1992) alors qu'un bon parcours naturel à armoise sous pratiquement les mêmes conditions climatiques donne 300 à 400 U.F/ha/an (RODIN et al., 1970).

Ces trois dernières décennies, la culture de l'*Atriplex* connaît, une extension et un intérêt considérable dans les régions arides du monde.

En Algérie, un vaste programme de lutte contre la désertification a été engagé, particulièrement dans les régions semi-arides et arides (projet du « barrage vert » portant sur des programmes de mise en valeur intégrée sur une superficie de 3 millions d'ha) où les *Atriplex* occupent une place importante.

Les *Atriplex* présentent une grande diversité biologique et également des possibilités d'altérations génétiques, causées par des hybridations inter spécifiques inconsidérées, qu'il convient d'empêcher de disparaître et de protéger (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).

Cette diversité s'exprime au niveau des fonctions et des structures ; nous pouvons citer les différences des taux de germination des graines d'une même espèce (*Atriplex halimus*) provenant de différentes régions (BENREBIHA,1987).

De nombreux auteurs ont montré l'existence d'une hétérogénéité au sein de cette espèce (QUEZEL et SANTA,1962 ; SARSON,1970 ; FRANCLET et LE HOUEROU,1971 ; LE HOUEROU et al., 1979 ; BENREBIHA, 1995 ; KINET et al., 1998).

Il est par conséquent intéressant de rechercher des écotypes présentant de meilleures performances et de les sélectionner.

Cet objectif ne peut être atteint que par l'utilisation de la multiplication végétative

(technique *in-vitro*). D'autre part, l'utilisation de la culture *in-vitro* pour cette espèce se justifie pour deux raisons principale.

La première est qu'il n'est pas facile de multiplier cette dernière pour plusieurs causes :

La germination des graines est souvent bloquée par des substances inhibitrices contenues dans les valves fructifères et que les conditions exigées en température et surtout en humidité durant 2 à 3 semaines ne

sont pas réunies simultanément sur le terrain.

- Le développement en pépinière et le bouturage exigent des moyens financiers élevés.

La deuxième raison et la plus importante, concerne la forte hétérogénéité que présente cette espèce. Il est donc difficile et contraignant d'effectuer un clonage d'écotypes performants avec les méthodes classiques de multiplication.

Un sélectionneur cherche surtout à rassembler dans une plante d'une espèce donnée le maximum de caractères favorables avec une meilleure efficacité des paramètres du milieu et d'environnement. Jusqu'aux années 1960, la seule technique de sélection était la reproduction sexuée mais présentait des limites (opérations laborieuses et longues de 10 à 15 années selon les espèces et la difficulté de reproduction des individus identiques).

Les progrès biotechnologiques et les nouvelles techniques de propagation *in-vitro* et de la biologie moléculaire permettent de pallier aux difficultés de la sélection par reproduction sexuée.

L'objectif de ce travail s'insère dans le cadre d'un projet de recherche sur les formations steppiques qui consiste à mettre au point des milieux de culture pour une micropropagation de clones sélectionnés présentant les caractéristiques les plus intéressantes pour le repeuplement des zones dégradées des régions arides et semi-arides.

Après une présentation du matériel végétal puis des méthodes d'études, notre travail se décompose en trois chapitres :

1. La détermination d'un milieu de culture pour une meilleure Micropropagation, où cinq milieux seront testés avec différentes dilutions des substances de croissance seront également utilisées.

2. La recherche d'une meilleure combinaison en substance de croissance pour l'obtention de cals embryogènes et d'embryons somatiques.

3. L'effet du NaCl sur la morphogénèse ainsi que le dosage de la proline seront étudiés.

CHAPITRE I DONNEES GENERALES SUR L'ATRIPLEX

En Algérie, les nappes naturelles d'*Atriplex* renferment principalement *Atriplex halimus*, *A. glauca*, *A. portulacoides* ; elles sont utilisées comme fourrage par les troupeaux (ovins et dromadaires) surtout dans les zones arides et semi-arides.

Dans la région de Chellala où la pluviométrie est de 250 à 300 mm/an ; les peuplements d'*Atriplex* produisent 2000 à 3000 kg de matière sèche /ha /an (RODIN et al, 1970).

Les mesures de biomasse effectuées dans la région du Hodna dans des peuplements naturels d'*Atriplex halimus* Var *schweinfurthii* donnent des valeurs voisines de 12 et 16 tonnes de matière fraîche / ha (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).

1 - Présentation de la plante

Le genre *Atriplex* est une plante arbustive de la famille des chénopodiacées. Il comprend environ 417 espèces (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971) ; une quinzaine d'espèces ont été mises en évidence en Algérie (MAIRE, 1962), et parmi elles, *A. halimus* et *A. portulacoides* sont les plus répandues.

2 - Caracteristiques morphologiques de l'*Atriplex halimus*

La plante adulte est un arbuste de 1 à 3 m de diamètre à port très ramifié, étalé ou dressé. Les touffes formées peuvent atteindre 1 à 3 m de diamètre (Planche 1, figure A).



Fig A : vue d'ensemble d'une plantation naturelle d'*Atriplex* dans la zone d'ELMESRANE (DJELFA). Notons l'importance d'un pied d'*Atriplex* présentant un diamètre appréciable (de 2 à 3 m)



Fig B : Plantule régénérée naturellement quand les condition climatiques sont favorable.

Les feuilles sont alternes, brièvement mais nettement pétiolées, plus ou moins charnues luisantes, couvertes de poils vésiculeux et blanchâtres.

Les fleurs monoïques sont situées sur des inflorescences terminales composées de panicules d'épis (FRANCLET et LE HOUEROU 1971).

Les fruits sont des akènes et possèdent à leur base des valves fructifères cornées et papyracées de 0,3 à 0,4 cm de longueur et de 0,4 à 0,5cm de largeur.

La graine est entourée par deux téguments fins (le premier brun, le deuxième clair) ; elle comprend un embryon unique, annulaire entourant l'albumen farineux (BENREBIHA, 1987).

C'est une plante chaméphyte ou monophanérophyte, fleurissant et fructifiant à partir

d'Avril jusqu'en Novembre (NEGRE,1961).

Elle comprend deux sous-espèces : *A. halimus* L ssp *halimus* et *A. halimus* ssp *schweimfurthii* Boss. La première est généralement plus feuillue et se rencontre en zone littorale et semi-aride, la seconde se caractérise par des rameaux florifères longuement nus, c'est une plante de la zone aride (LE HOUEROU et PONTANIER,1988).

3 - Importance des *Atriplex*

De nombreuses expériences réalisées en Australie, aux U.S.A et en Afrique du Nord, ont montré l'importance des *Atriplex*.

Les *Atriplex* constituent avec les kochia, le support principal de l'industrie pastorale des régions Australiennes (FRANCLET et LE HOUEROU,1971).

3.1 . Importance économique

Les nappes d'*Atriplex* servent comme pâturage particulièrement pour les ovins. Elles présentent un intérêt relativement important dans les régions arides et semi-arides qui enregistrent un déficit fourrager de plus en plus important.

La production fourragère bien qu'ayant un maximum en fin de printemps, peut être exploitée dans certains milieux presque toute l'année (FROMENT, 1972).

3.2 . Importance écologique

3.2.1 . Mise en Valeur des sols pauvres

Les *Atriplex* sont parmi les arbustes, les mieux adaptés aux régions arides et aux sols pauvres. D'autre part, la couverture d'*Atriplex* accroît considérablement la perméabilité des sols et l'augmentation de drainage dans les horizons superficiels. Elle permet la reconstitution d'un tapis végétal herbacé.

Les *Atriplex* permettent également de remettre en état de nombreux pâturages à flore et sol dégradés.

Selon FRANCLET et LE HOUEROU (1971), des essais de semis réalisés en Tunisie (Souassi) ont donné des résultats intéressants et moyennant très peu de frais. Il importe cependant de disposer des quantités considérables de semences que nécessitent ces opérations.

Les espèces à utiliser dans ces conditions sont : *Atriplex glauca* et *A. halimus*.

3.2.2 . Mise en valeur des sols salés

Les plantations d'*Atriplex* peuvent permettre la récupération de zones salées, *Atriplex*

halimus est particulièrement résistant au NaCl. Les *Atriplex* peuvent aussi « dessaliniser » les sols.

En effet, la teneur de NaCl atteint 20 % de la matière sèche pour *Atriplex nummularia* (SARSON,1970).

Il est donc possible d'extraire d'un hectare 1100 Kg de NaCl en une année de culture (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).

Il convient ainsi d'utiliser et d'introduire les *Atriplex* dans les régions agricoles menacées par la salinité.

3 . 2 . 3 . Production de bois de chauffe

La disparition des puissantes formations d'*Atriplex*, jadis exploitées, dans la région d'EL ALEM (Tunisie) est imputable aux besoins de bois de chauffe de la ville de Kairouan (Tunisie) et des fours à briques de la région de M'sila et Batna (Algerie). Cette pratique semble diminuée, voire disparue, avec le développement du gaz domestiqué pour le cas de notre pays.

3 . 3 . Importance agronomique

Leur qualité de résistance à la sécheresse et leur faculté de se maintenir malgré un pâturage intense ont été les critères les plus importants dans le choix des *Atriplex*.

Parmi les plantes testées, herbacées légumineuses, arbustes et arbres, l'*Atriplex* a donné les résultats les plus intéressants, restant parfaitement vert et se développant à une vitesse très supérieure (ANONYME, 1980).

3 . 3 . 1 . Fixation des dunes

L'emploi des *Atriplex* s'est révélé extrêmement efficace pour la fixation rapide des dunes.

Selon FRANCLET et LE HOUEROU (1971) les boutures racinées d'*Atriplex nummularia* ont maîtrisé l'épandage des sables dans la région de REKKADA (Tunisie).

En Algérie, des essais réalisés sur le cordon dunaire dans la région de Djelfa et Boussaada avec plusieurs espèces d'*Atriplex* semblent avoir donné un résultat satisfaisant.

3 . 3 . 2 . Intérêt fourrager

Dans les régions arides, les *Atriplex* présentent un très grand intérêt fourrager en raison de leur :

- rusticité,
- bonne valeur fourragère,
- résistance élevée à la sécheresse,
- excellent rendement pour de faibles doses d'eau,

- faculté de tolérer des salures élevées.

Les nappes d'*Atriplex* peuvent être utilisées dans l'alimentation des animaux (ovins surtout) par pâturage direct.

L'*Atriplex* présente un intérêt fourrager surtout en période de sécheresse, saisonnière et inter-annuelle (ANONYME, 1974).

FRANCLET et LE HOUEROU (1971) insistent sur le fait que l'*Atriplex halimus* doit être considéré comme une réserve de disette exploitable entre le milieu de l'été et le début d'hiver, période où les *Atriplex* sont bien acceptés par les ovins en raison de l'absence d'autres aliments verts dans les pâturages.

La production fourragère varie de 500 à 2000 U.F./ha/an, selon les régions et l'état de la nappe d'*Atriplex*.

4 - Répartition en Algérie

La figure 1 illustre la répartition des principales nappes d'*Atriplex*, qui en association avec les Salsolacées couvrent une superficie de 1.000.000 d'ha ; ces nappes n'ont pas fait l'objet d'un inventaire cartographique précis.

Les plus grandes superficies se trouveraient entre les isohyètes 100 et 400 mm/an, ce qui correspond aux zones dites steppiques (Tebessa, Batna, M'sila, Boussaada, Biskra, Djelfa, Tiaret, Saïda). Le genre *Atriplex* se rencontre aussi sur le Littoral et même au Sahara, au Hoggar, et particulièrement dans la région de Béchar où les nappes longent les dépressions d'oued.

5 - Exigences climatiques

Selon FROMENT (1972), l'*Atriplex halimus* peut s'adapter à un grand nombre de milieux.

Il peut supporter des températures minima absolue de 5 à 10°C en région continentale (LEFLOCH, 1989).

6 . 3 . Résistance à la submersion

La résistance des *Atriplex* à l'asphyxie dépend de divers facteurs notamment des espèces et des variétés (FRANCLET et LE HOUEROU, 1971).

En général, l'*Atriplex portulacoides*, colonise en permanence les Schorres asphyxiées, à la limite des marées ou des zones inondées périodiquement par l'eau de mer lors des tempêtes.

L'*Atriplex glauca* supporte assez mal l'asphyxie temporaire et se développe sur sol plus ou moins drainé.

Par ailleurs, *Atriplex halimus* n'est pas résistant à la submersion.

Il semble que les espèces supportant l'asphyxie sont également résistantes aux sulfures.

7 - Mode de multiplication

7 . 1 . Macropropagation

Les *Atriplex* peuvent être multipliés par graines, boutures ou éclats de souches. Leur installation se fait directement au champs ou en pépinière puis une transplantation.

7 . 2 . Semis direct

Le semis direct exige un sol humide en surface pendant deux à trois semaines au moins, ce qui est rare à obtenir dans ces régions arides (sauf dans le cas d'apport d'irrigation).

Les graines doivent être préalablement traitées en raison de la présence de chlorure de sodium et d'autres substances hydrosolubles dans les valves fructifères et qui inhibent la germination.

La levée de cette inhibition est obtenue par trempage des graines dans l'eau pendant quelques heures, tout en la changeant plusieurs fois de façon à éliminer les substances inhibitrices que diffusent les pièces périnthaires. Pour *Atriplex halimus*, cette durée de trempage de semis se situe entre 26 et 36 heures (KOLLER et al., 1958). Pour le semis pratiqué en pépinière, les plants issus du semis du printemps peuvent être transplantés en automne et ceux d'automne peuvent l'être au printemps (FROMENT , 1972).

7 . 3 . Bouturage

Selon FRANCLET et LE HOUEROU (1971), le bouturage comme méthode de

multiplication est utilisée en cas de la rareté des graines. Les meilleures boutures sont celles prélevées sur des plants âgés de moins d'un an ou sur des repousses d'un an obtenues sur des plants anciens et recépés.

7 . 4 . Eclats de souches

L'éclat de souche est une méthode donnant des résultats aléatoires ; la difficulté réside dans les prélèvements ; la qualité des plants est assez réduite (BOUHRAOUA,1989).

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODES

1 – Matériel végétale

1 . 1 . Origine des semences

Les semences proviennent des nappes naturelles de la région d'El- Mesrane (Wilaya de Djelfa), dont la récolte a été effectuée en Décembre, à la maturité des fruits.

1 . 2 . Préparation et désinfection des graines

Les fruits sont décortiqués à la main pour séparer les graines des valves fructifères afin d'obtenir un meilleur taux de germination.

Les graines sont désinfectées dans l'alcool à 70%, par un trempage pendant 10 minutes, puis égouttées et trempées dans l'hypochlorite de calcium à 8% pendant 20 minutes. Ensuite, elles sont rincées 5 fois avec de l'eau distillée stérile (BENREBIHA,1992).

1 . 3 . Germination des graines

Après avoir été désinfectées, les graines sont déposées sur un papier filtre stérile, imbibé d'eau distillée stérile, dans des boîtes de Pétri scellées au parafilm, puis elles sont mises à germer dans la salle de culture.

La température est de $24 \pm 1^\circ\text{C}$ et l'éclairement de $25 \mu\text{s m}^{-1}$ avec une photopériode de 16 heures par jour.

1 . 4 . Repiquage des plantules

Après 5 jours de germination, les plantules obtenues et mesurant

1,5 à 2 mn sont repiquées soit :

- dans des tubes à essai contenant 20 ml de milieu de culture,
- des pots en plastique ayant une capacité de 200 ml d'eau et contenant 2/3 de tourbe et 1/3 de sable fin de mer.

1 . 5 . Obtention des explants

Après un mois de culture, les plantules ayant une longueur de 10

à 15 cm sont découpées soit en fragments d'entre-noeud, de feuilles, et de racines pour l'étude de la callogénèse, ou en microbouturage, pour l'étude de l'influence des régulateurs croissance et du NaCl sur la morphogénèse (Planche 2).

2 - Milieu de culture

Les milieux de culture utilisés diffèrent seulement par la nature et la concentration des macroéléments. Nous avons testé les macroéléments de GAMBORG et al. (1968), de MURASHIGE et SKOOG (1962), de HELLER (1953), de GAUTHERET (1959) et de WHITE (1943).

Tous les milieux contiennent les microéléments de MURASHIGE et SKOOG (1962), les vitamines de MOREL et WETMORE (1951), 0,1 mM/l de fer EDTA, 20g/l de saccharose et 8g/l d'agar (annexe 1). Le pH est ajusté à 5,8 à l'aide d'une solution de KOH.

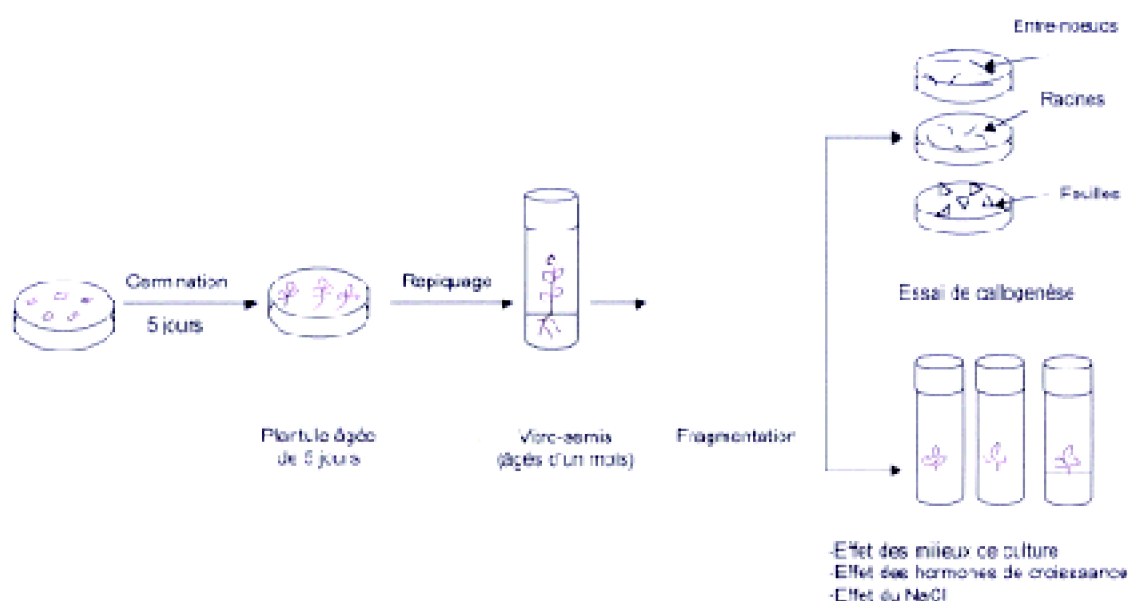


Planche 2.A : Les différentes étapes de fragmentation in vitro

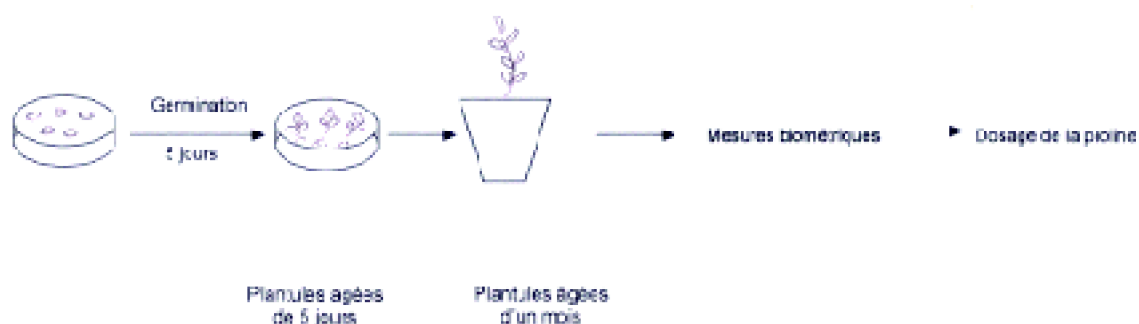


Planche 2.B : Les différentes étapes d'obtention de plantes in vivo

2.1 . Dilutions

Nous avons testé différentes dilutions (1, 1/2, 1/5 et 1/10) pour les trois milieux : MURASHIGE et SKOOG(MS), GAMBORG(G) et HELLER(H), et ce en raison de leur richesse en éléments majeurs

MS – MS/2 – MS/5 – MS/10

H - H/2 - H/5 - H/10

G - G/2 - G/5 - G/10

2.2 . Substances de croissance

Trois types de substances de croissance ont été utilisées afin de tester leur influence sur la morphogenèse et la callogenèse. Deux milieux ont été retenus : MURASHIGE et SKOOG et GAMBORG, auxquels nous avons rajouté différentes substances de croissance

- Acide $\square$ indole acétique (A.I.A)
- Acide 2,4 dichlorophenoxyacétique(2-4D)
- 6 furfuryl aminopurine (Kinétine)

2 . 2 . 1 . Milieux pour plantules

L'influence de l'A.I.A sur la morphogénèse de l'Atriplex

halimus a été étudiée. Nous avons retenu deux milieux de base (MURASHIGE et SKOOG et GAMBORG), auxquels nous avons rajouté de l'A.I.A :

C0 = Témoin

C1 = MS + 0,5mg/l d'A.I.A

C2 =MS + 1mg/l d'A.I.A

C'0 = Témoin

C'1 = G + 0,5mg/l d'A.I.A

C'3 = G + 1mg/l d'A.I.A

2 . 2 . 2 . Milieu pour callogenèse

Les milieux de base restent toujours les mêmes, ce sont les combinaisons en régulateurs de croissances qui font l'objet de cet essai ; deux combinaisons avec trois équilibres ont été testés pour chaque milieu :

1^{ère} combinaison

C1 = 0,5 mg /l (AIA) + 0,5 mg/l Kinétine

C2 = 1 - + 1 -

C3 = 1,5 - + 1,5 -

C4 = 2 - + 2 -

2^{ème} combinaison

C1 = 0,5 mg/l (2-4D) + 0,5 mg/l Kinétine

C2 = 1 - + 1 -

C3 = 1,5 - + 1,5 -

C4 = 2 - + 2 -

2 . 3 . Suspension cellulaire

Dans le but d'induire une embryogénèse somatique, nous avons testé quatre milieux de culture liquides (MURASHIGE et SKOOG, GAMBORG, HELLER et WHITE), en présence de 2,4 D à 10^{-6} M.

Chaque milieu a été réparti en fraction de 25ml dans des erlenmeyers de 100ml,

disposés verticalement et agités de façon continue (120 tours/min). Les erlenmeyers sont mis à une température de 25°C et une photopériode de 16 heures.

3 - Le sel

Afin de déterminer l'influence de NaCl sur la morphogenèse et la teneur en proline, huit concentrations en NaCl ont été utilisées

C0 = 0 g/l ; C1= 5 g/l ; C2= 10 g/l ; C3= 15 g/l ; C4= 20 g/l ;

C5 = 25 g/l ; C6 30 g/l ; C 7 = 35 g/l ; C8 = 40 g/l.

Cette étude a été réalisée en culture *in-vitro* et *in-vivo*

4 - Stérilisation des milieux

Les milieux de culture sont stérilisés à l'autoclave en phase vapeur à 120° C pendant 20 minutes.

5 - Conditions de culture

La germination des semences et le développement des vitro-plantules ont lieu dans une salle de culture sous conditions contrôlées de température et d'éclairement.

La température est de 24°+1° C constante et l'éclairement est de 25 μ s –1 m-1 ; 16 heures par jour.

Les plantules repiquées *in vivo* sont placées dans une serre vitrée avec une température variant entre 20 et 25 °c et un éclairement naturel.

Pendant 15 jours, les plantules sont arrosées avec de l'eau distillée pour favoriser leurs reprise, ensuite avec les différentes concentrations salines allant de 5 à 40g/l pendant un mois.

6 - Dosage de la proline

La proline s'accumule dans les plants exposés au stress salin.

Dans ce contexte, des dosages de proline sont effectués au niveau des feuilles, tige et racines, sur des plants qui ont été précédemment stressés pendant un mois.

La méthode utilisée est celle de TROLLE et LINDLEY (1955), qui a été modifiée et mise au point par DREIR et GORING (1975).

7 - Paramètres étudiés

- Nombre de paires de feuilles,
- Longueur de la tige,
- Longueur de la racine principale,
- Pourcentage de cals,
- Couleur et texture des cals,
- Teneur en proline.

Les mesures sont faites sur 24 plantules avec 3 répétitions pour les cultures *in-vitro*.

Le dispositif expérimental adopté pour les cultures *in-vivo* est un bloc aléatoire complet, constitué de deux blocs.

8 - Expression des résultats

Le logiciel utilisé pour l'analyse statistique est le STATITCF.

L'intervalle de confiance au seuil de 5p.100 est également utilisé.

Chapitre III Effet des milieux et des régulateurs de croissance sur la morphogenèse de l'*Atriplex halimus*

Introduction

Le milieu de culture est l'élément déterminant de la réussite d'une multiplication. Il est composé d'une base comprenant des éléments minéraux (macro, micro éléments, des vitamines et de sucre). La concentration de ces composés peut varier d'une espèce à une autre.

De nombreux minéraux ont été utilisés pour la culture *in vitro* de tissus et d'organes. Certains de ces milieux ont été mis au point pour des objectifs bien déterminés tels que la culture d'embryons, la néoformation de fleurs, androgenèse.

Selon MARGARA (1989), la grande difficulté du choix d'un milieu de culture est quasiment impossible à faire à la suite d'une étude factorielle rigoureuse qui mettrait à l'essai toutes les combinaisons du facteur choisi.

On peut néanmoins gagner du temps, le plus souvent, en partant d'un milieu déjà utilisé par d'autres auteurs pour le même matériel ou des exemples comparables (MARGARA, 89).

Selon ZRYD (1988), le choix du milieu de base reste malheureusement arbitraire, sauf indication préliminaire de la littérature.

La plupart des auteurs commence par tester le milieu MURASHIGE et SKOOG, bien que de plus en plus, il s'avère nécessaire d'en modifier les concentrations et les rapports entre les éléments (ZRYD, 1988).

Certains milieux proposés dans un but donné sont, en fait, utilisables d'une manière beaucoup plus étendue (MARGARA,1989).

C'est dans ce contexte que nous avons étudié l'influence des milieux de culture, de leur dilution et également l'effet des substances de croissance sur la croissance de l'*Atriplex halimus* afin de déterminer un milieu adéquat pour une meilleure micropropagation.

1 - Effet des différents milieux

Nous avons testé cinq milieux de culture, MUASHIGE et SKOOG(M1), GAMBORG(M2), WHITE(M3), HELLER(M4) et GAUTHERET(M5), afin de voir leur effet sur la morphogénèse de l '*Atriplex halimus*.

Après un mois de culture, nous avons effectué des mesures biométriques suivantes : nombre de paires de feuilles, longueur de la tige et de la racine principale.

1 . 1 . Nombre de paires de feuilles

Nous avons pris en considération le dénombrement du feuillage afin d'évaluer la production foliaire qui constitue un critère important pour l'alimentation du cheptel.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la production foliaire est différente pour les cinq milieux.

Milieu	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Paramètre					
Nombre de Paires de feuilles	5,73 ± 0.36	4,85 ± 0.38	4,44 ± 0.43	4,22 ± 0.85	4,04 ± 0.29

Tableau 1 : Nombre de paires de feuilles

Le nombre de paires de feuilles le plus élevé est obtenu sur le milieu MURASHIGE et SKOOG (M1) avec une valeur de 5,73 et la valeur la plus faible sur le milieu GAUTHERET (M5) avec une moyenne de 4,04 (Tableau 1).

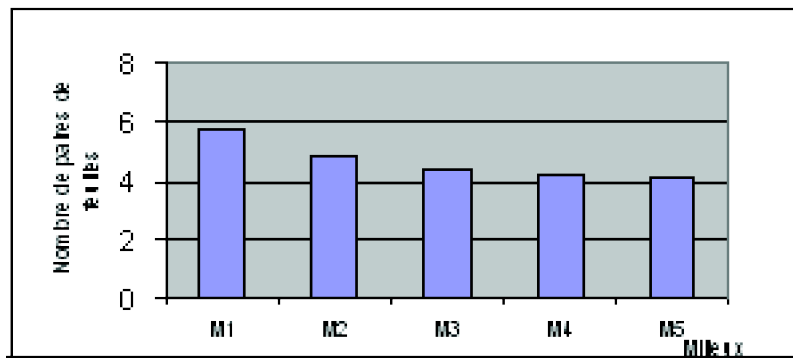


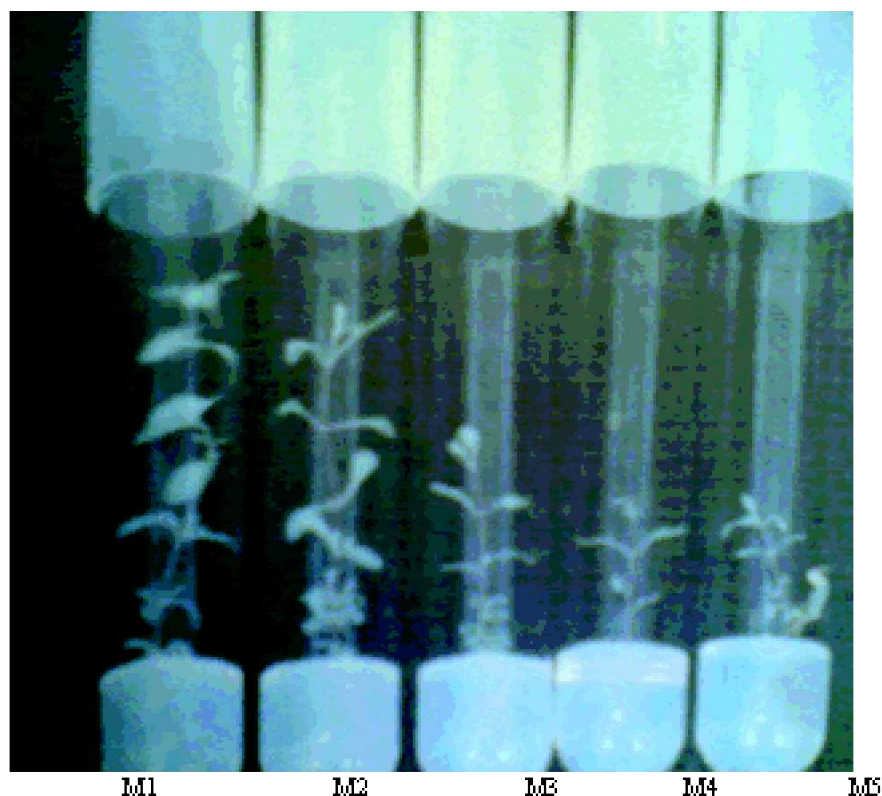
Figure 2 : Effet des différents milieux sur le nombre de paires de feuilles

Le milieu GAMBORG (M2) donne une production foliaire moins importante avec un écartement important des entre-nœuds. Nous remarquons également que la production foliaire varie selon un ordre décroissant (Figure 2).

L'analyse statistique montre qu'il existe une différence significative entre les cinq milieux.

1 . 2 . Longueur de la tige

Après un mois de culture les tiges des vitro plants présentent des longueurs variables d'un milieu à un autre. Nous constatons que le milieu MURASHIGE et SKOOG est le plus favorable à l'allongement des tiges suivi par le milieu GAMBORG. Quant aux milieux HELLER et GAUTHERET l'allongement est réduit de moitié (Planche 3).



Aspect morphologique de vitro-plants développés pendant un mois sur milieu de culture.

M1 : Milieu MURASHIGE et SKOOG

M2 : Milieu GAMBORG

M3 : Milieu WHITE

M4 : Milieu HELLER

M5 : Milieu GAUTHERET

Planche 3

Milieu	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Paramètre					
Nombre	3,68	2,77	2,23	1,63	1,61
Longueur de la tige	± 0,44	± 0,44	± 0,34	± 0,24	± 0,53

Tableau 2 : Longueur de la tige

Comme pour le nombre moyen de feuilles, la meilleure longueur de la tige est obtenue sur le milieu MURASHIGE et SKOOG (M1) avec une valeur de 3,68 cm et la plus faible sur le milieu GAUTHERET (M5) avec 1,61cm

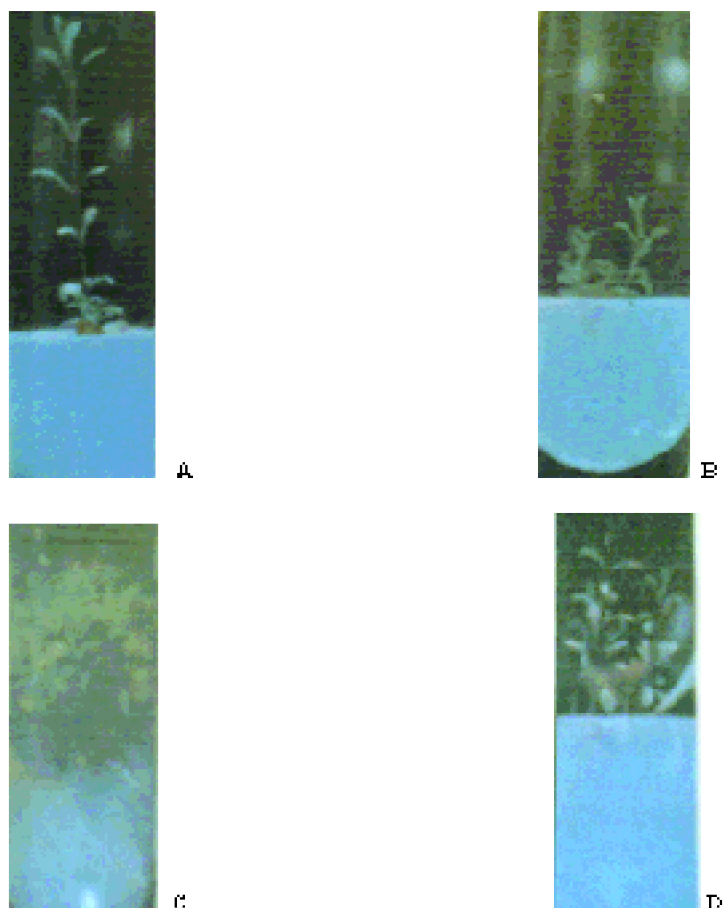
(Tableau 2 et Figure 3).

L'analyse statistique montre qu'il existe une différence significative entre les cinq milieux utilisés.

Les observations des vitro-plants montrent une grande hétérogénéité et certains plantules présentent des cals au niveau du collet. Ce phénomène morphologique peut

envahir la partie aérienne, la partie souterraine ou parfois être générale ; cette callogénèse diffère selon les milieux et est plus importante sur milieu GAMBORG (40%) alors que sur le milieu MURASHIGE et SKOOG elle n'est que de 19%.

Certaines plantules développent des bourgeons axillaires (Planche 4).



Hétérogénéité de vitro-plants développés pendant
un mois sur milieu MURASHIGE et SKOOG.

A et B : Vitro-plants présentant un cal au niveau du nœud

C : Vitro-plants développés en rosette.

D : Vitro plants présentant un bourgeonnement axillaire.

Planche 4

1 . 3 . Longueur de la racine principale

D'après les résultats obtenus, nous constatons que l'allongement de la racine principale diffère d'un milieu à un autre.

Milieu	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Paramètre					
Longueur de la Racine principale .	1,60 ± 0,48	1,06 ± 0,36	0,85 ± 0,15	1,27 ± 0,45	0,62 ± 0,29

Tableau 3 : Longueur de la racine principale

Le milieu MURASHIGE et SKOOG (M1) donne la longueur de la racine principale la plus importante (1,60 cm) suivi par le milieu HELLER (M4) avec une valeur de 1,27cm. Par contre, la valeur la plus faible est obtenu par le milieu GAUTERET (M5), les autres milieux GAMBORG (M2) et WHITE (M3) présentent des valeurs intermédiaires (Tableau 3 et Figure 4).

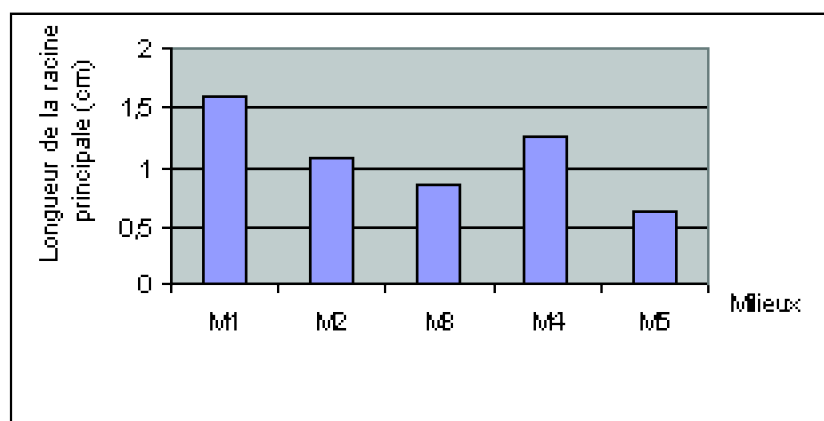


Figure 4: Effet des différents milieux sur la longueur de la racine principale

Cependant aucune différence significative n'a été signalée entre les cinq milieux.

Au cours de notre expérimentation , nous avons remarqué l'apparition de racines plumeuses au niveau de tous les milieux utilisés, elle est plus marquée pour le milieu MURASHIGE et SKOOG (8%), alors qu'elle est de 6% pour le milieu GAMBORG et seulement de 2% pour le milieu HELLER (Planche 5).

1 . 4 . Discussion et conclusion

Le milieu MURASHIGE et SKOOG favorise la production foliaire, la longueur de la tige et de la racine principale. Cette propriété est probablement liée à la richesse de ce milieu en éléments minéraux tels que l'azote et le potassium.

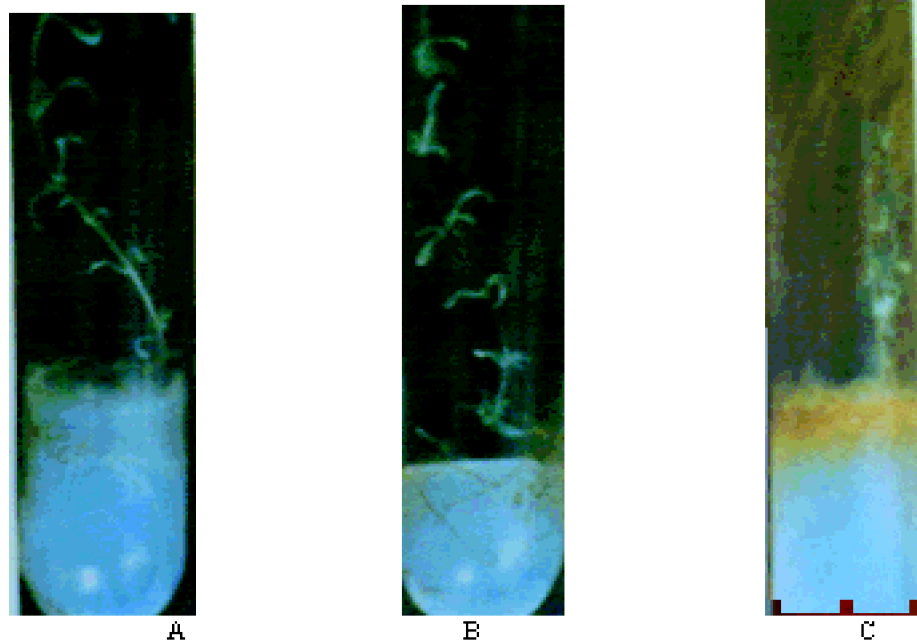
En effet, selon AUGÉ (1986), dans beaucoup de cas, la composition minérale de MURASHIGE et SKOOG donne des résultats satisfaisants.

D'après ZRYD (1988), le milieu MURASHIGE ET SKOOG est utilisé lorsqu'il s'agit d'organogénèse, ce sont les ions K^+ , NO_3^- et NH_4^+ qui ont une influence prédominante sur la croissance des tissus.

Si l'emploi des milieux riches principalement en N total, NH_4^+ et K^+ s'est développé

fortement, c'est en raison de leur action souvent stimulante sur l'organogenèse (MARGARA, 1989).

La production foliaire des vitro- plants herbacés est moins importante sur le milieu GAMBORG ; ceci semble être lié à sa richesse en potassium qui induit un écartement important des entre-nœuds (BOULAY, 1979 ; MARGARA, 1984).



Aspect morphologique de vitro-plants après un mois de culture sur le milieu MURASHIGE et SKOOG avec un développement racinaire hétérogène.

- A : Racines développées en profondeur.
- B : Racines développées en profondeur et en surface.
- C : Racines développées en surface (racine plumeuses).

Planche 5

Les résultats obtenus montrent également que la production foliaire et l'élongation des tiges est moins importante pour les milieux WHITE et GAUTHERET. Selon ZRYD (1989) ceci s'explique par le fait que ces deux milieux sont moins concentrés par rapport aux autres milieux ; de même qu'ils sont pauvres en sels par rapport au milieu MURASHIGE et SKOOG.

La rhizogénèse est plus importante pour le milieu MURASHIGE et SKOOG suivi par le milieu HELLER.

L'apparition de racines plumeuses est plus importante sur milieu MURASHIGE et SKOOG.

Les jeunes plants mis en culture ont manifesté un pouvoir callogène assez important. Les cals obtenus sont hétérogènes par leur aspect, leur couleur et leur croissance. Cette callogenèse est induite sans substances de croissance mais diffère par la composition minérale ; elle est plus importante sur le milieu GAMBORG.

L'apparition de cals et de racines plumeuses est considérée comme des manifestations morphologiques particulières de la plante en réponse au stress minéral (BENREBIHA et al., 1992).

2 - Effet des dilutions sur la morphogénèse

Différents auteurs conseillent la dilution des milieux de culture, notamment le milieu MURASHIGE qui est très riche en sels (ZRYD, 1988 ; AUGÉ, 1989 ; MARGARA, 1989).

C'est dans cet esprit, que nous avons étudié l'influence de la dilution sur la croissance de l'Atriplex halimus. Pour cela, nous avons retenu trois milieux de culture : MURASHIGE et SKOOG, GAMBORG et HELLER, avec des dilutions de moitié (D2), du cinquième (D3) et du dixième (D4) (1/2 ,1/5 ,1/10) en comparaison avec le milieu entier (D1).

2 . 1 . Nombre de paires de feuilles

Après un mois de culture, la production foliaire diffère selon les milieux de culture et les dilutions utilisées.

Tableau 4 : Effet des milieux et dilutions sur le nombre de paires de Feuilles

	S.C.E	DLL	Carrés Moy	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR TOTALE	28.50	35	0.81	—	—	—	—
VAR Facteur 1	0.82	2	0.41	0.86	0.4406	—	—
VAR Facteur 2	5.36	3	1.79	3.74	0.0245	—	—
VAR Facteur 1.2	10.85	6	1.81	3.78	0.0086	—	—
VAR Résiduelle	11.47	24	0.48	—	—	0.69	25.1%

Les résultats obtenus montrent que le nombre de paires de feuilles est plus élevé sur le milieu GAMBORG dilué de moitié avec 3,76 feuilles,

suivi par le milieu MURASHIGE et SKOOG sans dilution avec 3,30 feuilles puis le milieu HELLER dilué de moitié avec 3,16 feuilles (Figure 5).

L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative entre les milieux, par contre, il existe une différence hautement significative pour les différentes dilutions utilisées.

2 . 2. Longueur de la tiges

Les résultats obtenus après un mois de culture montrent une grande hétérogénéité des vitro- semis.

L'analyse de la variance (tableau 5) indique une différence significative entre les milieux, par contre, l'effet dilution n'est pas significatif.

Tableau 5 : Effet des milieux et des dilutions sur la longueur de tige

	S.C.E	DLL	Carrés moy	Test F	Proba	E.T	C.V
VAR TOTALE	15.84	35	0.45	-	-		
VAR Facteur 1	2.77	2	1.39	3.59	0.0422		
VAR Facteur 2	0.81	3	0.27	0.70	0.5637		
VAR Facteur 1.2	2.99	6	0.50	1.29	0.2975		
VAR Résiduel	0.26	24	0.39	-	-	0.62	27.8 %

La figure 6 montre que le milieu MURASHIGE et SKOOG dilué au cinquième suivi par le milieu GAMBORG dilué au demi sont les plus favorables à l'allongement des tiges avec 3,15 cm. Le milieu HELLER donne des valeurs faibles quelle que soit la dilution.

Les observations des vitro-semis montrent une grande hétérogénéité.

Certaines plantules se développent en touffe, d'autres présentent des ramifications et quelques unes associent les deux aspects à la fois.

Sur les milieux dilués, nous avons également observé des jeunes plantules dont le système aérien réagit en réduisant le nombre de paires de feuilles et en allongeant les entre-nœuds.

2 . 3 . Longueur de la racine principale

Au cours de notre expérimentation, nous avons noté, que l'élongation de la racine principale est lente pendant la première semaine du repiquage mais à partir de la deuxième semaine l'enracinement devient de plus en plus important notamment pour le milieu MURASHIGE et SKOOG (1962).

Le développement des racines est différent selon les milieux et les dilutions. La longueur de la racine la plus longue est obtenue sur le milieu MURASHIGE et SKOOG dilué au cinquième, puis le milieu HELLER et en dernier le milieu GAMBORG dilué au demi. Par contre les valeurs les plus faibles ont été enregistrées par le milieu GAMBORG non dilué et le milieu HELLER dilué au demi (Figure 7).

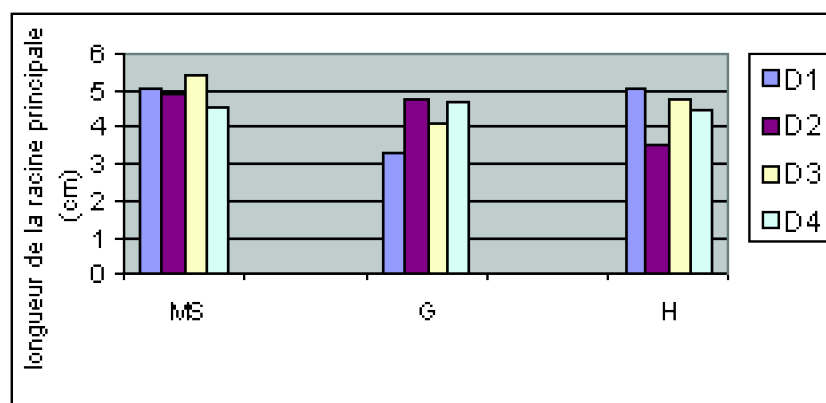


Figure 7: Effet des milieux et dilutions sur la longueur de la racine principale

Nous avons également observé un développement des racines plumeuses, sur les trois milieux mais qui est beaucoup plus important sur le milieu MURASHIGE et SKOOG.

Tableau 6 : Effet des milieux et dilutions sur la longueur de la racine principale

	S.C.E	DLL	Carrés Moyens	F	Proba	E.T	C.V
VAR TOTAL	15.84	35	0.45	-	-		
VAR Facteur 1	2.77	2	1.39	3.59	0.0422		
VAR Facteur 2	0.81	3	0.27	0.70	0.5637		
VAR Facteur 1.2	2.99	6	0.50	1.29	0.2975		
VAR Résiduelle	10.26	24	0.39	-	-	0.62	27.8 %

D'après l'analyse de la variance il n'y a pas de différence significative entre les milieux et les dilutions.

2 . 4 . Conclusion et discussion

La meilleure production foliaire est obtenue sur les milieux MURASHIGE et SKOOG, GAMBORG et GAMBORG dilué de moitié.

Le milieu MURASHIGE est très favorable pour l'allongement de la tige par rapport aux milieux GAMBORG et HELLER. Cette différence de croissance du milieu MURASHIGE est probablement liée à sa richesse en éléments minéraux tels que l'azote et le potassium. En effet, l'élément 'azote' favorise le développement végétatif, tandis que le potassium favorise les divisions cellulaires (AUGÉ, 1986). Cela a également été montré sur le *Pin maritime* par DAVID (1972).

Le milieu MURASHIGE et SKOOG dilué au dixième est favorable à l'élongation de la racine ; cette propriété particulière semble être liée à la présence de calcium et de l'azote qui seraient indispensables à la production des racines. Ces observations confirment les conclusions de GREGORY et SAMATARAI(1950) , qui avaient déjà insisté sur le rôle

déterminant de nutrition minérale sur la croissance des racines. Par contre, l'effet de dilution n'est pas significatif sur l'allongement de la tige.

Le milieu MURASHIGE est sans doute le plus utilisé lorsqu'il s'agit d'organogenèse (ZRYD, 1988). Ce même milieu est caractérisé principalement par une très forte teneur en azote (60 mg/l environ) dont 1/3 est apporté sous forme réduite (NH_4^+) et par une concentration également élevée en potassium (MARGARA, 1989).

Le milieu MURASHIGE et SKOOG (1962) est aussi favorable à l'élongation de la racine, cette propriété semble être liée à la présence de l'azote et du calcium qui sont deux éléments indispensables à la production des racines (GREGORY et SAMATARAI, 1950 ; TRIPATHI et GAUTHERET, 1969 ; TRIPATHI, 1971).

Nous avons remarqué l'apparition de cals et de racines plumeuses, ceci a été également signalé BENREBIHA et al. (1992) et FERCHICHI (1994).

Ce phénomène est expliqué par le fait que la concentration en macro éléments du milieu peut jouer un rôle déterminant dans l'induction de ce phénomène (BENREBIHA et al, 1992).

3 - Effet des régulateurs de croissance sur la morphogenèse de l'*Atriplex halimus*

Les substances de croissance interviennent dans un grand nombre de mécanismes de la croissance et du développement ; elles n'ont pas de spécificité et le mécanisme de leur action est encore inconnu.

Au cours de cette étude, nous avons utilisé une auxine (AIA) afin de suivre son action sur l'organogenèse de l'*Atriplex halimus*.

Pour cela, nous avons retenu deux milieux de base MURASHIGE et SKOOG et GAMBORG et deux concentrations en A.I.A : 0,5 mg/l (C1) et 1 mg/l (C2), C0 étant le témoin.

3 . 1 . Milieu MURASHIGE et SKOOG + AIA

L'influence de l'A.I.A sur la croissance de l'*Atriplex halimus* (nombre de paires de feuilles, longueur de la tige et de la racine principale) a été testé avec comme milieu de base MURASHIGE et SKOOG (1962).

3 . 1 . 1 . Nombre de paires de feuilles

La production foliaire diffère selon la concentration en A.I.A dans le milieu, nous

remarquons que le nombre de paires de feuilles augmente en fonction de la concentration, la valeur la plus élevée (5,78) est obtenue pour la concentration C 2 (1mg/l d'A.I.A) et la plus faible (5,56) pour le témoin C0.

CONCENTRATION	C0	C1	C2
PARAMETRE			
Nombre de paires de feuilles	5,56 ± 0,38	5,70 ± 0,33	5,78 ± 0,51

Tableau 7 : Nombre de paires de feuilles

L'adjonction de 1mg/l d'A.I.A au milieu donne de meilleurs résultats que la concentration 0,5mg/l (Tableau 7 et Figure 8).

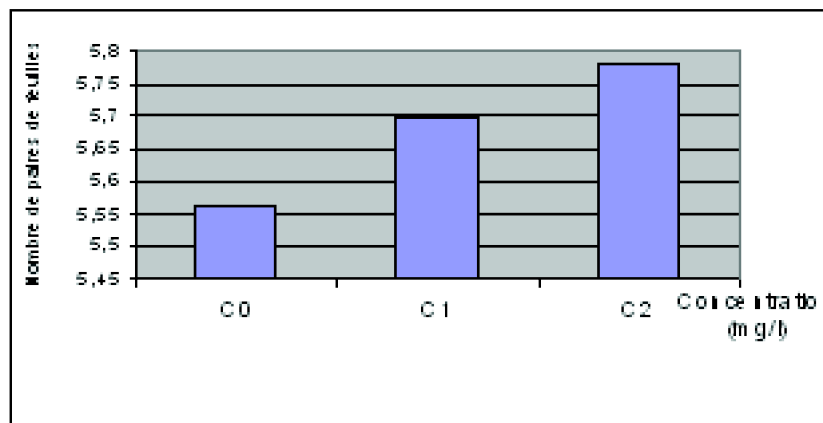


Figure 8: Effet des différentes concentrations d'AIA sur le nombre de paires de feuilles

L'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les concentrations en A.I.A et le témoin.

3 . 1 . 2 . Longueur de la tige

Les microboutures d'*Atriplex halimus* développent des tiges qui présentent une certaine variabilité en longueur selon les concentrations d'A.I.A utilisées ; la longueur la plus importante est obtenue avec la concentration C2 (1mg/l) qui est de 4,51cm et la plus petite par le témoin C0 avec une valeur de 3,67cm (Tableau 8 et Planche 6).

CONCENTRATION	C0	C1	C2
PARAMETRE			
Longueur de la tige	3,67 ± 0,44	3,93 ± 0,47	4,51 ± 0,75

Tableau 8 : Longueur de la tige

Nous avons remarqué un développement assez important de bourgeons axillaires assez important qui donnent soit des ramifications secondaires qui s'allongent, soit un aspect de touffes, ce phénomène se retrouve au niveau du témoin et des autres concentrations.

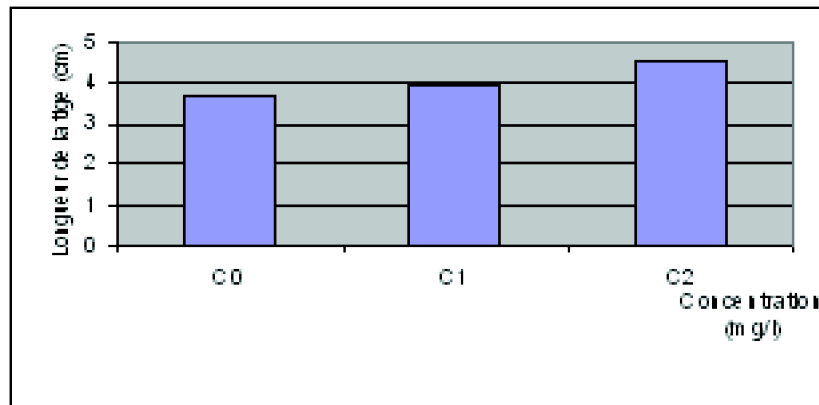
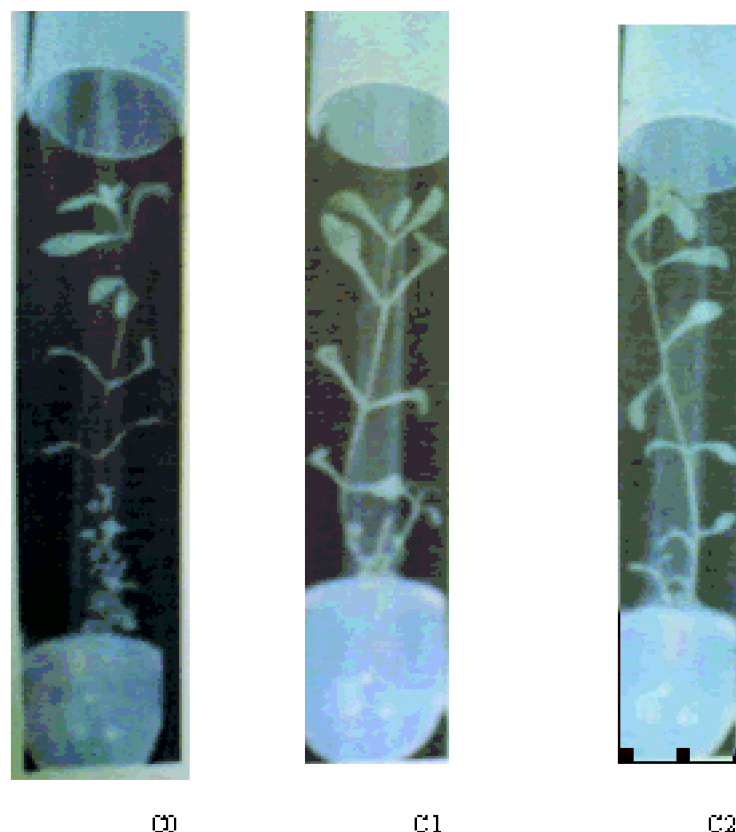


Figure 9: Effet des différentes concentrations d'AIA sur la longueur de la tige

L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative sur la longueur des tiges.

Nous avons observé la formation de cals au niveau du collet de certaines microboutures.

Certaines tiges présentent une couleur rougeâtre caractérisant la présence de Bétalaine.



Aspect morphologique de vitro-plants développés pendant un mois sur milieu MURASHIGE et SKOOG additionné d'IAA.

C0 : Milieu MS sans IAA.
 C1 : Milieu MS + 0,5 mg/l d'IAA
 C2 : Milieu MS + 1 mg/l d'IAA

Planche 6

3 . 1 . 3 . Longueur de la racine principale

Après un mois de culture, les vitro-plants présentent une légère variation de la longueur de la racine en fonction de la concentration utilisée.

La valeur la plus élevée est obtenue avec la concentration C2 (1mg/l d'A.I.A) avec une valeur de 1,21cm et la plus petite par le témoin 0,60cm (Tableau 9).

CONCENTRATION	C ₀	C ₁	C ₂
PARAMETRE			
Nombre de paires de feuilles	0,60 ± 0,48	1,07 ± 0,40	1,21 ± 0,45

Tableau 9 : Longueur de la racine principale

Les racines obtenues prennent naissance sur la tige principale ; elles sont nombreuses et très ramifiées. La présence de racines plumeuses est généralisée sur l'ensemble des vitro-plants quelle que soit la concentrations.

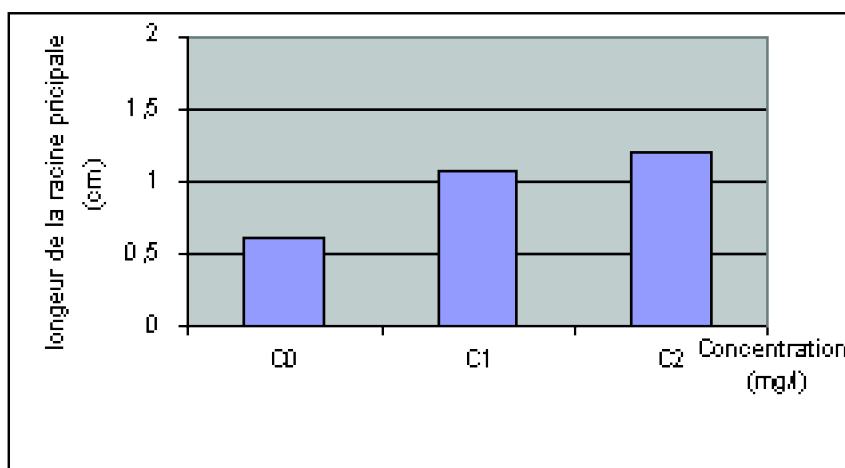


Figure 10: Effet des différentes concentrations d'AIA sur la longueur de la racine principale

L'analyse statistique des résultats montre que les concentrations utilisées ont un effet non significatif sur la longueur de la racine principale.

3 . 1 . 4 . Discussion et Conclusion

Les résultats obtenus montrent que la production foliaire et l'allongement de la tige sur milieu MURASHIGE et SKOOG avec les concentrations d'AIA utilisées sont presque similaires avec le milieu témoin. Certains individus montrent une organogenèse importante avec un taux de développement de ramification axillaire élevé au niveau de tout les milieux. Les substances endogènes et surtout les régulateurs de croissances se trouvent en quantité suffisante pour permettre un développement initiale des bourgeons axillaires (BOUZID, 1983 ; BENREBIHA, 1992, 1993).

Concernant la racine principale, les concentrations utilisées C1 (0,5mg /l d'A.I.A) et C2 (1mg/l d'A.I.A) donnent une légère variation de la longueur moyenne de la racine principale.

La néoformation des racines serait déclenché par l'action d'une substance mobile synthétisée par les feuilles adultes et associée à l'auxine qui migre ensuite vers la base de la tige (FAVRE, 1977 ; MARGARA, 1989 ; et HELLER, 1985). Chez les espèces ligneuses, l'absence d'hormones dans le milieu entraînent un faible taux d'enracinement (DURANT et BOUDET, 1979).

Parmi les facteurs internes qui contrôlent la rhizogénèse, on peut citer la juvénilité du matériel végétal.

La coloration rougeâtre observée au niveau des tiges et parfois au niveau des racines caractérisant la présence de Bétalaine ou glycine bétaine

(composé d'ammonium quaternaire méthylé), a également été signalée par FERCHICHI, 1994 ; BENREBIHA, 1996, BENREBIHA 2001.

La bétalaine est synthétisée dans le chloroplaste contribuant à l'ajustement osmotique durant le stress salin ou hydrique (JOLIVET et al.,1983 ; GENARD et al.,1984 ; HANSON et al.,1994).

3 . 2 . milieu GAMBORG + AIA

L'effet de l'A.I.A sur la morphogénèse de l'*Atriplex halimus* a été également étudié avec le milieu GAMGORG.

3 . 2 . 1 . Nombre de paires de feuilles

Nos observations sur la production du nombre de paires de feuilles nous permettent de constater que le milieu ne contenant pas d'hormone de croissance (C0) présente une valeur presque similaire avec le milieu (C1) contenant 0,5mg/l d'A.I.A.

CONCENTRATION PARAMETRE	C ₀	C ₁	C ₂
Nombre de paires de feuilles	4,78 ± 0,38	4,83 ± 0,38	5,44 ± 0,37

Tableau 10 : Nombre de paires de feuilles

L'addition de 1 mg/l d'AIA dans le milieu améliore la production foliaire, elle passe du simple au double (Figure 11).

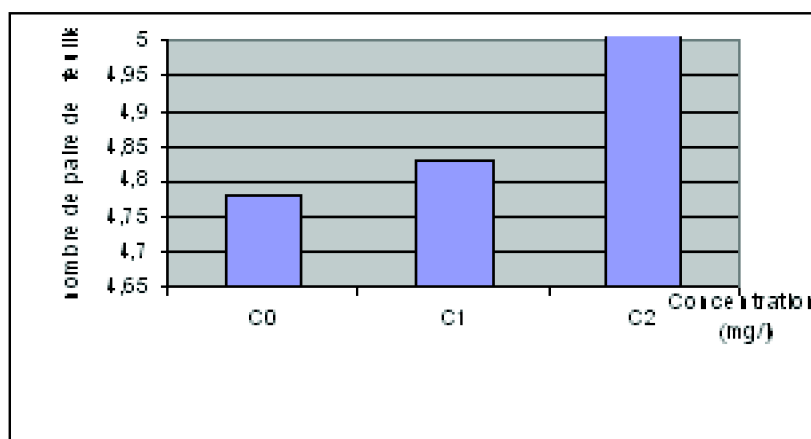


Figure 11: Effet des différentes concentration d'AIA sur le nombre de paires de feuilles

D'après l'analyse statistique, l'effet hormone n'a aucune différence significative sur la production foliaire

3.2.2. Longueur de la tige

Les micro-boutures d'*Atriplex halimus* développent des tiges qui présentent une certaine variabilité en longueur selon les concentrations utilisées. La concentration C1(0,5 mg/l d'AIA) donne une longueur de la tige qui se rapproche du témoin C0.

CONCENTRATION	C ₀	C ₁	C ₂
PARAMETRE			
Longueur de la tige	2,75 ± 0,44	3,33 ± 0,48	3,60 ± 0,50

Tableau 11 : Longueur de la tige

L'allongement de la tige est légèrement amélioré par l'addition de l'AIA (1mg/l) dans le milieu de culture (Planche 7).

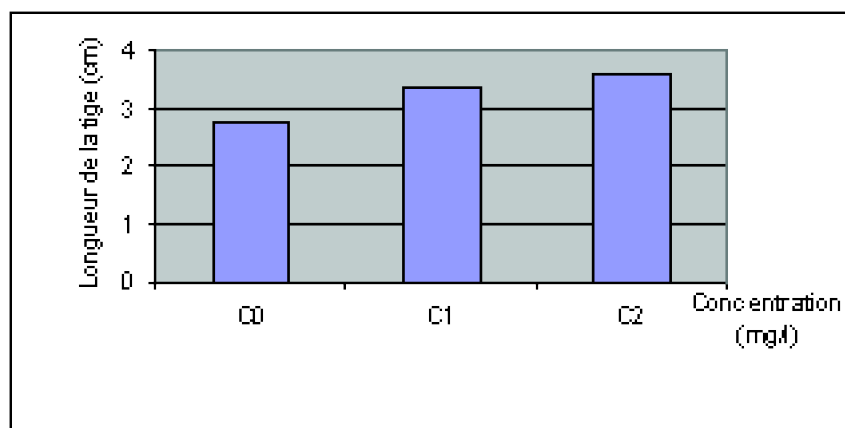
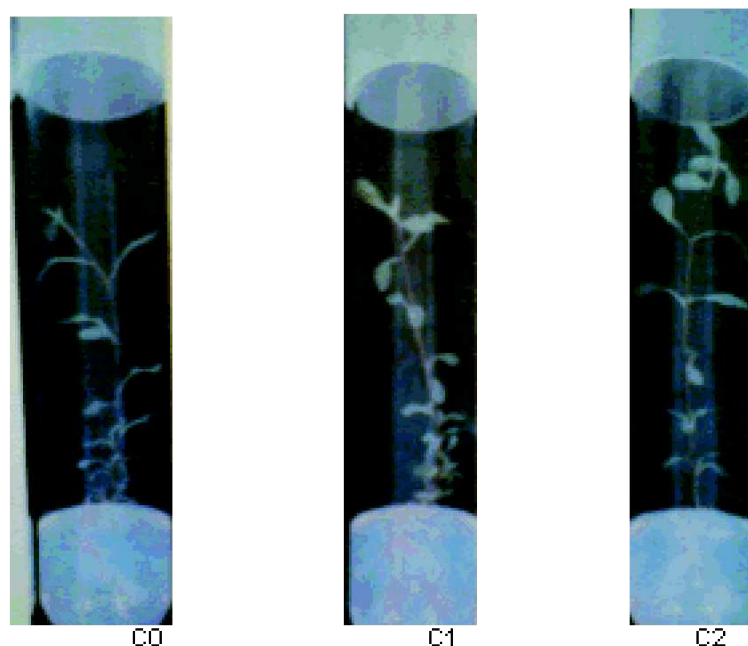


Figure 12: Effet des différentes concentrations d'AIA sur la longueur de la tige

D'après l'analyses statistique, il n'existe pas de différence significative.

3.2.3. Longueur de la racine principale

Les racines obtenues après un mois de culture sont nombreuses et très ramifiées. Elle présentent des valeurs très rapprochées ; la concen-tration C2 donne la valeur de 1,04 cm ; C1 une valeur de 0,86 et le témoin C0 la valeur de 0,71 cm.



Aspect morphologique de vitro-plants développés pendant un mois sur milieu GAMBROG additionné d'AIA.

C0 : Milieu G sans AIA
C1 : Milieu G + 0,5 mg/l d'AIA
C2 : Milieu G + 1 mg/l d'AIA

Planche 7

CONCENTRATION	C ₀	C ₁	C ₂
PARAMETRE			
Nombre de paires de feuilles	0,71 ± 0,36	0,86 ± 0,41	1,04 ± 0,36

Tableau 12 : Longueur de la racine principale

Nous constatons que l'addition de 1mg/l d'AIA dans le milieu de culture améliore légèrement la longueur de la racine principale

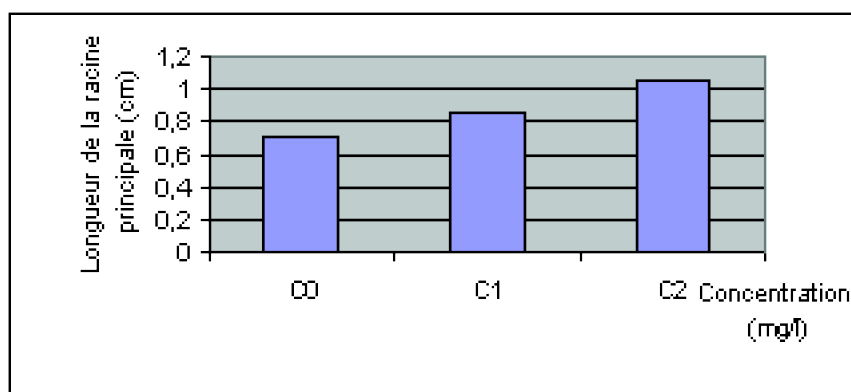


Figure 13: Effet des différentes concentrations d'AIA sur la longueur de la racine principale

L'analyse statistique montre qu'il n'y pas de différence significative entre les concentrations utilisées.

3 . 2 . 4 . Discussion et conclusion

La production foliaire et l'élongation de la tige sont similaires quelle que soit la concentration utilisée mais lorsque la concentration augmente, nous constatons une légère amélioration.

D'après MAZLIAK (1988), dans certains cas, l'AIA peut stimuler la mitose, mais l'effet de l' AIA ne se limite pas à une stimulation de la division cellulaire, il y a une action histogène aboutissant à la différenciation des éléments conducteurs.

Selon HELLER (1985) aux doses moyennes, l'auxine stimule la croissance de jeunes pousses. La production racinaire est également améliorée par l'A.I.A.

Par ailleurs, il faut signaler les relations existantes entre la partie aérienne et le système racinaire.

La présence de bourgeons et des feuilles est nécessaire à la rhizogenèse. FAVRE (1977), HARTMAN et KESTER(1983), la néoformation des racines serait déclenchée par l'action d'une substance mobile synthétisée par les feuilles et associée à l'auxine qui migre ensuite vers la base de la tige ; cette substance est appelée "rhizocaline" (FAVRE, 1977 ; HELLER, 1985 et MARGARA, 1989).

D'après MARGARA (1989) l'application de l'AIA stimule fréquemment l'enracinement des boutures. En effet, selon DURAND et BOUDET (1979) chez les espèces ligneuses, l'absence d'hormone dans le milieu entraîne un faible taux d'enracinement.

Le mécanisme d'action de l'AIA sur la rhizogenèse fait toujours l'objet de discussion sur l'action du traitement auxinique, il a été observé des modifications des synthèses protéiques. Les auxines pourraient également agir au niveau des synthèses glucidiques en provoquant l'hydrolyse et le métabolisme rapide de l'amidon (MARGARA, 1989).

L'auxine, suivant les doses appliquées, favorise la caulogenèse ou la rhizogenèse, elle peut également les inhiber ou les stimuler.

3 . 3 . Conclusion

Les résultats obtenus montrent que le milieu MURASHIGE et SKOOG donne les meilleurs résultats en ce qui concerne la production foliaires, l'élongation de la tige et de la racine principale.

Le milieu GAMBORG semble favorable à l'induction de la callogenèse.

Les milieux HELLER, GAUTHERET et WHITE donnent des résultats similaires mais moins importants que les deux premiers.

En ce qui concerne l'effet de dilution, le milieu MURASHIGE entier donne toujours les meilleurs résultats concernant l'allongement des tiges par rapport aux milieux GAMBORG et HELLER.

Pour la longueur de la racine principale, ce sont les milieux MURASHIGE dilué au demi et au dixième qui semblent les plus favorables à l'enracinement. Le milieu GAMBORG/10 favorise la production de la callogenèse.

En ce qui concerne l'effet de la concentration en hormone, particulièrement en AIA , nous avons constaté que la valeur 1mg/l favorise la production foliaire, l'élongation de la tige et de la racine principale.

Le milieu MURASHIGE additionné d'hormone de croissance est plus favorable au développement végétatif par rapport au milieu GAMBORG.

Nous avons également noté une callogenèse importante sur le milieu GAMBORG.

CHAPITRE IV Effet des substances de croissance sur l'obtention de cals embryogènes

Introduction

La culture *in-vitro* présente sans conteste un outil puissant, aux perspectives industrielles et économiques nouvelles (ZRYD et al., 1988),

Selon HELLER et ESMAULT (2000) la culture *in-vitro* des organes et des tissus isolés est devenue une technique de base de divers biotechnologies.

Elle permet de sauver les espèces en voie de disparition ou chez lesquelles, les semences sont rares ou germent mal. Une régénération d'un grand nombre d'espèces à multiplication végétative difficile dont l'état sanitaire est affecté par des virus (BOXUS, 1975 ; BEAUCHESNE, 1976 ; MONCOUSIN, 1982 et GEORGES, 1987).

La culture *in-vitro* passant par les stades cals ou cellules isolées peut induire des variations phénotypiques, génotypiques ou métaboliques (LUTZ, 1969 ; MEINS, 1983 ; EVANS et al, 1984 ; DEMARLY, 1985 ; et GOULD, 1986).

D'après MARGARA (1989), en culture *in-vitro*, l'embryogénèse somatique peut être assurée par différents explants présentant des potentialités embryogénétiques, feuilles, pétioles et racines, donnant naissance à des embryons diploïdes appelés embryoïdes.

L'embryogénèse somatique est une technique récente de la multiplication *in-vitro*, permettant de produire rapidement des milliers d'embryons par litre de milieu de culture.

D'après SCRIBAN (1999), l'embryogénèse somatique connaît un intérêt croissant depuis les années 80. Elle apparaît comme étant la meilleure méthode de multiplication végétative.

L'embryogénèse permet d'assurer en permanence un taux élevé d'individus sains, juvénils et homogènes en réduisant les coûts élevés liés à la propagation *in-vitro* (SIHACMACKR et al., 1995 et NOZERAN, 1985).

Par ailleurs, elle nous permet l'exploitation de la variabilité existante chez l'*Atriplex halimus*, qui est très hétérogène ; ce qui offre de vastes possibilités de sélection et de clonage d'individus résistants aux conditions externes : salinité, sécheresse et froid (FRANCLET et LEHOUEIROU, 1971).

Parmi les différents groupes de régulateurs impliqués dans les procédés de croissance et de morphogénèse des tissus, les auxines et les cytokinines sont les plus importants (IBRAHIM, 1983 ; ROLAND, 1984).

Dans ce chapitre, nous avons étudié l'influence de différentes combinaisons hormonales en auxine et cytokinine sur différents types d'explants afin d'obtenir des cals embryogènes et de voir également quel est l'explant qui donne le meilleur pouvoir callogène.

Pour ces essais, nous avons retenu deux milieux de base : MURASHIGE et SKOOG et GAMBORG et comme hormones de croissances l'A.I.A ; le 2-4D et la Kinétine.

1 - Influence des combinaisons en substance de croissance sur différents types d'explants

Des essais ont été réalisés sur différentes parties de la plante pour l'obtention des cals : feuilles, racines, hypocotyle, entre-nœud, feuilles cotylédonnaires (planche 8).



Fig A : Cals obtenus à partir de fragments d'entre-nœuds



Fig B : Cals obtenus à partir fragments de feuilles.



Fig C : Cals obtenus à partir de fragments de feuilles cotylédonnaires



Fig D : Cals obtenus à partir de fragments de racines



Fig E : Cals obtenus à partir de fragments d'hypocotyles.

Cals développés partir de différentes parties de la plante sur milieu MURASHIGE et SKOOG.

Trois types d'explants sont retenu pour l'obtention de cals embryogènes. Nous avons testé deux combinaisons en A.I.A – Kinetine et en 2-4 D – Kinetine avec 4 équilibres sur trois types d'explants : feuilles (EX3), entre-nœud (EX1) et racines (EX2) afin de déterminer la combinaison donnant le meilleur pourcentage de callogenèse et de voir l'aptitude des différents explants à la callogenèse ainsi que l'obtention de cals embryogènes.

1 . 1 . Milieu de base GAMBORG

L'apparition des cals a lieu une semaine après la mise en culture.

Nous avons également remarqué l'apparition de cals au niveau du milieu témoin (sans substance de croissance).

1.1.1 . Effet des différentes combinaisons en AIA/KINETINE

Après un mois de culture, nous avons calculé le pourcentage des cals, pour connaître l'aptitude des explants à donner des cals embryogènes en fonction des différentes combinaisons hormonales testées.

+ Pourcentage des cals

D'après les résultats obtenus, le tableau 13 montre que le pourcentage le plus élevé des cals est obtenu par les combinaisons C₃ et C₄ avec 62,22% et le plus faible pourcentage par le témoin avec 25,56%.

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	Moyennes Facteur 2
EX ₁	46.67 ± 20.82	76.67 ± 20.82	73.33 ± 11.55	76.67 ± 20.82	76.67 ± 15.28	70.±15.43 A
EX ₂	30.00 ± 10.00	36.67 ± 5.77	53.33 ± 11.55	63.33 ± 32.15	60 ± 10.00	48.67±14.14 B
EX ₃	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	53.33 ± 5.77	46.67 ± 15.28	60 ± 17.32	30±9 C
Moyennes	25.56 ± 11.55 B	37.78 ± 10.80 B	60 ± 8.66 A	62.22 ± 20.62 A	62.22 ± 12.53 A	Moyenne Facteurs 1.2 = 49.56

Tableau 13 : Effet des différentes combinaisons en AIA, Kinétine (combinées) et les différents types d'explants sur le pourcentage de cals.

L'analyse de la variance facteur 1 (combinaison hormonale) facteur 2 (nature de l'explant) révèle une action très hautement significative sur le pourcentage des cals ; l'analyse de la variance interfactorielle montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les différentes combinaisons et les différents types d'explants.

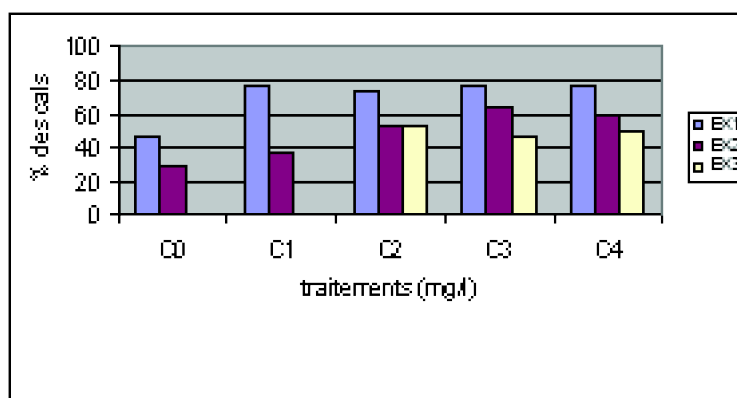


Figure 14: Effet des différentes concentrations en AIA/Kinéatine et les différents types d'explants sur le pourcentage de cals

Quant au deuxième facteur, le pourcentage des cals diffère d'un type d'explant à un autre d'une façon décroissante (70 ; 48 et 30 %) ceci pour EX1 (entre-nœud), EX2 (racine), EX3 (feuille) respectivement (tableau 13 et fig. 14).

Les combinaisons C0 et C1 n'ont pas permis aux explants issus de feuilles d'exprimer leur pouvoir callogène.

+ couleur et texture des cals

La couleur et la texture des cals nous permettent de connaître les caractéristiques morphologiques des cals embryogènes.

Les cals obtenus et issus des différents milieux présentent des caractéristiques morphologiques variés.

Les cals issus de feuilles sont de couleur beige avec une texture friable (caractéristique des cals embryogènes), ceci pour les combinaisons C2, C3 et C4. En ce qui concerne les combinaisons hormonales C0 et C1, nous n'avons pas eu de callogenèse.

En ce qui concerne les entre-nœuds, seule la combinaison C1 a donné des cals beiges à texture friable ; les cals issus des combinaisons C0 et C3 sont de couleur brune à texture desséchée, alors que ceux des combinaisons C2 et C4 sont de couleur jaunes, friables à consistance molle.

Pour les racines, seule la combinaison C0 (sans substance de croissance) a donné des cals beiges, friables de consistance molle ; pour les autres combinaisons, les cals obtenus sont de couleur brune de texture noduleuse et de consistance ferme.

Concentrations Explants		C0	C1	C2	C3	C4
Feuilles	COULEUR	-	-	Beige	Beige	Beige
	TEXTURE	-	-	Friable	Friable	Friable
Entre-nœuds	COULEUR	Brune	Beige à brune	Jaune	Brune	Jaune
	TEXTURE	Desséchée	Friable	Friable à consistance molle	Desséchée	Friable de consistance molle
Racines	COULEUR	Beige	Brune	Brune	Brune	Brune
	TEXTURE	Friable à consistance molle	Moduleuse de consistance ferme	Moduleuse de consistance ferme	Moduleuse de consistance ferme	Moduleuse de consistance ferme

Tableau 14 : Effet des différentes combinaisons en AIA, Kinétine sur la couleur et la texture des cals

La dédifférenciation des racines à l'état de cellules indifférenciées aboutit à la formation de cals de couleurs et textures variables. Les concentrations C1, C2, C3 et C4 donnent des cals bruns de texture noduleuse, de consistance ferme, contrairement au milieu témoin qui permet la formation de cals beiges à texture friable de consistance molle.

1.1.2. Effet des différentes combinaisons en 2-4D/ KINETINE

Après un mois de culture, nous avons analysé l'influence des combinaisons 2-4D – Kinétine sur le pourcentage et la morphologie des cals obtenus à partir des différents explants.

+ Pourcentage des cals

D'après le tableau 13, nous remarquons que les différentes combinaisons hormonales présentent une action très hautement significative sur le pourcentage de cals obtenus.

Les résultats montrent une action très hautement significative selon le type d'explant. Le pourcentage le plus élevé est donné par les racines : 49,73 % suivi par les entre-nœud : 42,67% et enfin par les feuilles : 10,00 %.

Nous notons également qu'il n'y a eu aucune calogénèse pour les combinaisons C0

,C3 et C4.

Concentrations Explants	C0	C1	C2	C3	C4	Moyenne Facteur 2
EX 1	46.67 ± 20.82	36.67 ± 5.77	46.67 ± 5.77	33.33 ± 20.82	50.00 ± 10.00	42.67 ± 10.24 A
EX 2	30.00 ± 10.00	33.33 ± 5.77	60.00 ± 26.46	73.33 ± 11.55	52.00 ± 23.07	49.73 ± 14.63 A
EX 3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	50.00 ± 10.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	10.00 ± 3.78 B
Moyenne Facteur 1	25.56 ± 11.55 B	23.33 ± 4.08 B	52.22 ± 14.43 A	35.56 ± 8.16 A	34.00 ± 12.53 A	Moyenne Facteur 1.2 = 34.13

Tableau 15 : Effet des différentes combinaisons en 2.4-D , kinétine (combinées) et les différents types d'explants sur le pourcentage des cals

+ Couleur et texture des cals

Les caractéristiques morphologiques des cals issues des différents types d'explants présentent des couleurs et texture variables.

Les feuilles en présence de la combinaison C2 donnent des cals beiges, de texture friable caractéristique des cals embryogènes. Quant aux autres combinaisons (C0,C1,C3 et C4) il n'y a eu aucune callogenèse.

Concentrations Explants		C0	C1	C2	C3	C4
Feuilles	COULEUR	-	-	Beige	-	-
	TEXTURE	-	-	Friable	-	-
Entre-nœuds	COULEUR	Brune	Beige	Beige	Jaune	Beige
	TEXTURE	Desséchée	Granuleuse de consistance ferme	Granuleuse de consistance ferme	Friable de consistance molle	Friable de consistance molle
Racines	COULEUR	Beige	Beige	Beige	Brune	Beige
	TEXTURE	Friable	Friable	Friable	Modulieuse	Friable

Tableau 16 : Effet des différentes concentrations en 2,4-D, Kinétine sur la couleur et la texture des cals

Quant aux entre-nœuds, la couleur et la texture des cals obtenus varient d'un milieu à un autre. Les combinaisons C1 , C2 et C4 ont donné des cals beiges mais de consistance différente qui sont respectivement granuleuse ferme pour les deux premiers et friable de consistance molle pour le dernier. Pour la combinaison C0, la couleur est brune avec une texture desséchée ; quant à C3 la couleur est jaune et une structure friable de consistance molle.

Les cals issus des racines sont de couleur beige avec une texture friable de consistance molle en présence des combinaisons hormonales C0,C1 C2 et C4

1 . 1 . 3 . Conclusion et discussion

Les résultats obtenus montrent que le choix du type d'explant et les substances de croissance jouent un rôle très important sur la callogenèse et la formation de cals embryogènes.

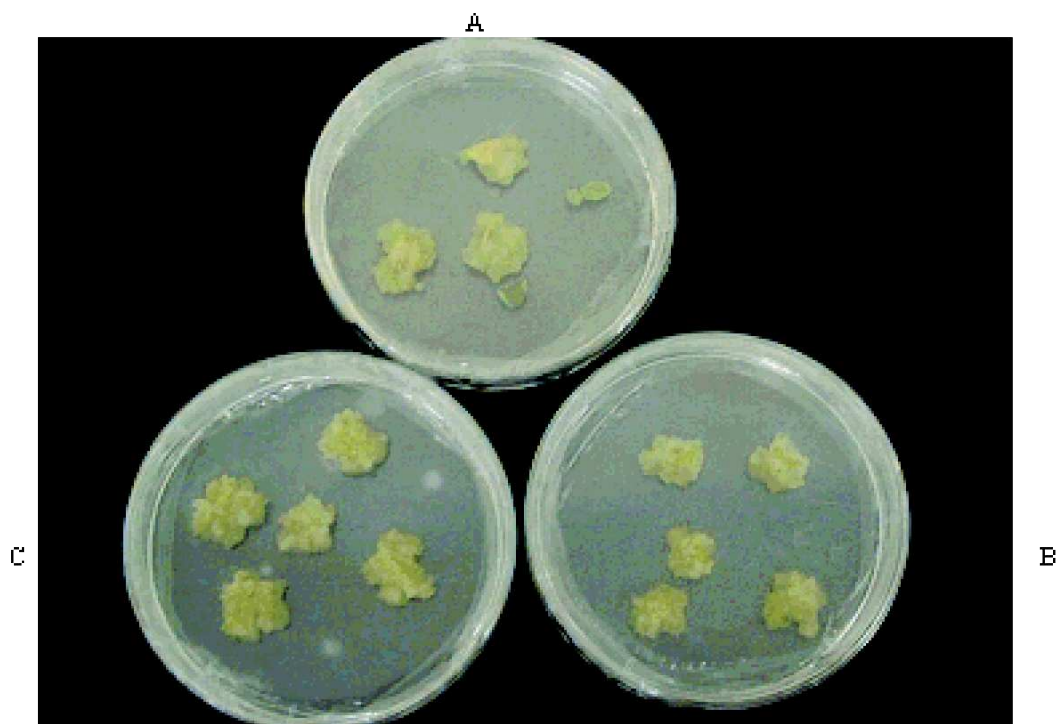
L'aptitude à la callogenèse diffère d'un type d'explant à un autre, les entre-nœuds montrent une meilleure aptitude à la callogenèse par rapport aux feuilles et aux racines.

Selon AUGÉ (1989), les explants prélevés sur une même plante donnent des résultats différents.

Les fragments prélevés à différents niveaux de la plante ne donnent pas les même

résultats (NOVAK et KONECMA, 1982 ; DAIKH, 1987 ; AUGÉ, 1989 ; BOXUS, 1995).

L'âge de l'explant a également un effet sur la callogenèse car au cours du stade juvénile, les tissus présentent de bonnes réactions et sont à l'origine de nombreuses réussites en culture *in-vitro*. Par contre, le vieillissement de l'organe modifierait parfois les potentialités embryogènes des explants (RHISS et BEAUCHESNE, 1979).



Aspect morphologique de cals développées pendant un mois
Sur milieu GAMBORG additionné de 1 mg/l 2,4 D + 1 mg/l de kinétine.

A : Cals obtenus à partir de fragments de feuilles.
B : Cals obtenus à partir de fragments d'entre-nœuds.
C : Cals obtenus à partir de fragments de racines.

Planche 9

L'état physiologique interne de l'explant intervient également en fonction des différentes concentrations en AIA, KINETINE (combinées) (TISSERAT, 1979 ; BIGOT et CHAUSSAT, 1980 ; AUGÉ, 1989).

Quand au pourcentage, de la couleur et de la texture des cals, le meilleur type d'explant qui montre une meilleure aptitude à la callogenèse et l'obtention de cals embryogène est l'entre-nœud avec les concentrations C2 et C3, suivi par les feuilles et en dernier les racines.

La modification des concentrations en 2,4-D, KINETINE (combinées) entraînent une action significative sur le pourcentage, la couleur et la texture des cals issus de différents types d'explants.

Le 2,4-D est l'auxine la plus utilisée en raison de son fort pouvoir callogène. Chez beaucoup d'espèces, le 2,4-D est l'agent principale de la formation de cals embryogènes (KATO et TAKEUCHI, 1966 ; BOULAY, 1987 ; MARGARA, 1989.)

Les résultats montrent que l'effet des différentes combinaisons en substance hormonale donnent des cals avec différentes couleurs et textures.

La combinaison 2,4-D-Kinétine montre la meilleure aptitude à la callogenèse en donnant des cals de couleur beige avec une texture friable.

D'après les travaux de ZAID et TISSERAT (1983) ; DAGUIN et LETOUSE

(1988) ; BENREBIHA et HAMDANI (1998) : ce type de cals est embryogène.

PIATTI (1990) confirme que les cals ayant une couleur jaune à texture friable de consistance molle présentent des caractéristiques morphologiques des cals embryogènes.

Selon DAIKH et DEMARLI (1987), les cals embryogènes se caractérisent par une texture friable de couleur beige.

1 . 2 . Milieu de base MURACHIGE et SKOOG

Pour cette partie, nous avons étudié l'influence des combinaisons AIA - Kinetine et 2,4,D - Kinétine sur deux types d'explants : entre-nœud (EX1) et feuille (EX2).

1 . 2 . 1 . Effet des différentes combinaisons en AIA/KINETINE

A l'issue de nos essais, les résultats obtenus montrent que la modification des combinaisons en substances de croissance dans le milieu de culture n'a aucun effet sur la callogenèse.

Les explants cultivés sur les milieux de culture contenant la combinaison AIA/ KINETINE (combinées) n'ont manifesté aucune callogenèse. Les entre-nœuds et les feuilles se sont nécrosés après une semaine de culture.

1 . 2 . 2 . Effet des différentes combinaisons en 2,4,D-KINETINE

L'étude de l'influence des différentes combinaisons en 2,4,D -Kinétine sur le pourcentage, la couleur et la texture des cals a été réalisé après un mois de culture.

+ Pourcentage des cals

D'après le tableau 17, nous remarquons que les différentes concentrations hormonales présentent une action significative sur le pourcentage des cals. Le plus grand pourcentage (100%) est obtenu avec les concentrations C1, C2 pour les entre-nœuds et le plus faible : (50%) avec la concentration C3.

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
EX 1		[100]	[91-69]	[63 - 37]	[100]
EX 2		[100]	[91 - 69]	[98 - 82]	[63 - 37]

Tableau 17 : pourcentage des cals obtenus après 30 jours de culture.

L'analyse statistique met en évidence une action significative sur le pourcentage des cals en fonction des combinaisons mais aucun effet significatif selon la nature de l'explant.

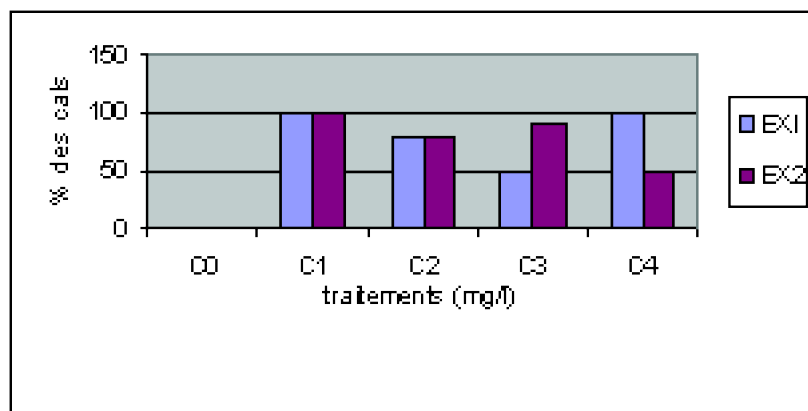


Figure16: Effets des différentes concentrations en 2,4 D /Kinétine sur le pourcentage des cals issus d'entre-nœud et de feuilles

Pour les feuilles, le plus grand pourcentage des cals est obtenu avec la concentration C1 alors que la combinaison C0 n'a pas permis aux feuilles d'exprimer leur pouvoir callogène (Figure 16).

+ Couleur et texture des cals

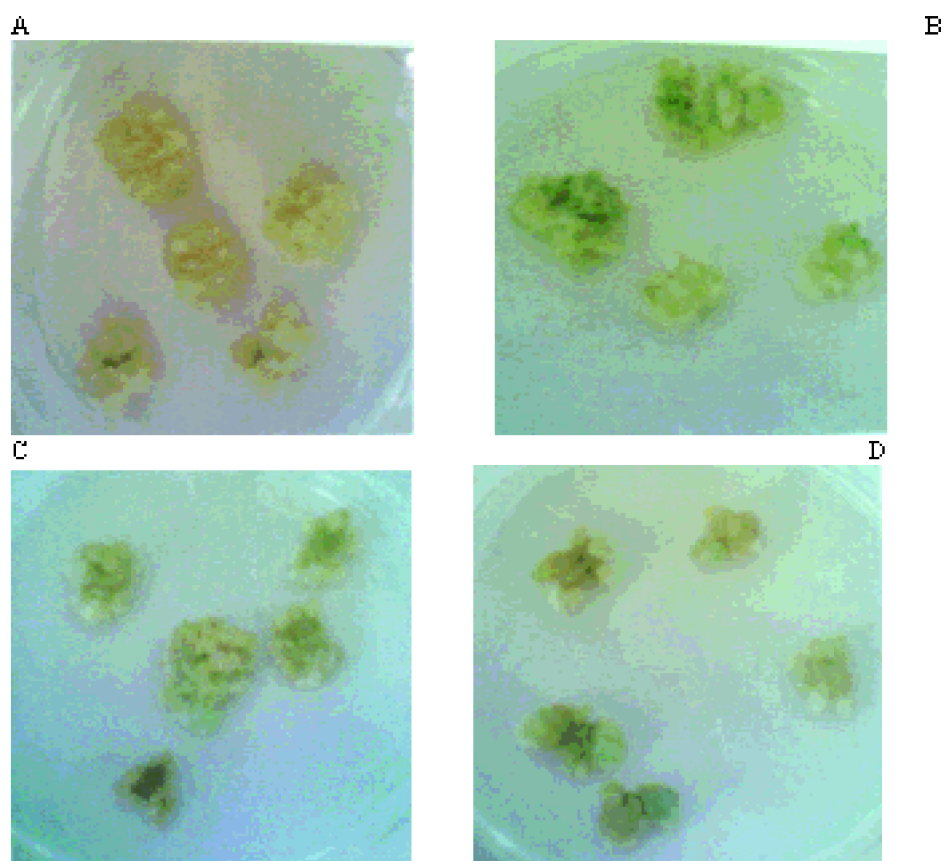
Les cals issus des feuilles sont de couleur et de texture variables .

Les combinaisons C2, C3 et C4 donnent des cals de couleur verte et de texture noduleuse à consistance ferme (Planche 11). Par contre, la concentration C1 donne des cals de couleur brune à texture desséchée.

Concentrations Explants		C0	C1	C2	C3	C4
Feuilles	COULEUR	-	Brune	Vert	Vert	Vert
	TEXTURE	-	Desséché	Moduluse de consistance ferme	Friable	Friable de consistance ferme
Entre-nœuds	COULEUR	-	Jaune	Beige	Jaune à Vert	Jaune à Vert
	TEXTURE	-	Friable	Friable de consistance molle	Friable	Friable de consistance molle

Tableau 18 : Effet des différentes combinaisons en 2,4-D, Kinétine sur la couleur et la texture des cals.

D'après le tableau 18 les cals issus des entre-nœuds diffèrent par leur couleur et leur texture en fonction des différentes combinaisons en 2,4-D,KINETINE.



Aspect morphologique de cals développés pendant un mois sur milieu MURASHIGE et SKOOG additionné de 2,4 D-kinétine à partir de fragments de feuilles et d'entre-nœuds

A: Cals embryogénisés d'entre-nœuds avec une concentration de 1mg/l de 2,4D et 1mg/l kinétine.
 B: Cals embryogénisés de feuille avec une concentration de 1mg/l de 2,4D et 1mg/l kinétine.
 C: Cals embryogénisés d'entre-nœuds avec une concentration de 2mg/l de 2,4D et 2mg/l kinétine.
 D: Cals embryogénisés de feuille avec une concentration de 2mg/l de 2,4D et 2mg/l kinétine.

Planche 10

Les combinaisons C1, C3 et C4 donnent des cals jaunes à verts de texture friable. Par contre la concentration C2 permet aux entre-nœuds d'être différenciés en cals présentant des caractéristiques morphologiques des cals embryogènes de couleur beige à texture friable.

La combinaison C0 n'a permis aucune callogénèse quel que soit le type d'explant. (planche)

1 . 2 . 3 . discussion et Conclusion

Les deux types d'explants étudiés ont pu exprimer leur pouvoir Callogène mais les entre-nœuds ont montré une meilleure aptitude à la callogénèse.

D'après BOULAY (1987), les cals issus des différents explants (hypocotyle, apex, feuilles, entre-nœud) ont été susceptibles de donner des structures embryonnaires. Cependant, un meilleur développement des cals embryogènes provenait des

entre-nœuds.

Selon SAKA et al (1997) la réponse des explants est assez hétérogène.

D'après AUGÉ (1989), les explants sont constitués de divers types cellulaires dont la structure génétique n'est pas toujours homogène. Les recherches cytologiques ont montré que les niveaux de ploïdie n'étaient pas identiques d'une cellule à une autre.

SHARP (1980) et EVANS (1981) confirment que les cellules initiatrices sont déjà différenciées, mais dépourvues de capacité embryogène.

Les bouleversements de comportement semblent être essentiellement liés aux coupures des corrélations entre l'explant et la plante mère ainsi qu'à son nouvel environnement (BIGOT et CHAUSSAT, 1980 ; LUTZ, 1985 ; NOZERAN, 1985).

La combinaison AIA/KINETINE (combinée) n'a pas permis aux deux types d'explants d'exprimer leur pouvoir callogène quel que soit la combinaison hormonale utilisée.

Par contre, les différentes combinaisons en 2,4-D, KINETINE a permis aux deux types d'explants d'exprimer leur pouvoir callogène pour la concentration C2.

Le 2,4-D est considéré comme un facteur essentiel pour l'induction de l'embryogenèse somatique.

L'utilisation du 2,4-D comme meilleur inducteur de l'embryogenèse somatique a été discutée par différents auteurs : BOULAY, 1987 ; MARGARA, 1989 ; RAGHVAN, 1997 ; VIANA, 1997 ; CHOI et al, 1999).

En général, les concentrations en cette auxine varient entre 0,5 mg/l et 1mg/l (KOTT KASHA, 1984 ; CHAVEZ et al., 1992 ; CHOI et al., 1999 BENREBIHA et DJAADI, 1999).

Quant à la couleur et structure des cals, nous avons obtenu des cals beiges et jaunes à structure noduleuse et de consistance molle ainsi que des cals de couleur verte.

La coloration verte est une preuve de l'existence d'une activité photosynthétique (DUCREUX et al., 1986).

Selon SAKA et al. (1997), seul les cals de texture noduleuse, de couleur blanche à brun sont embryogènes.

TOURTE (1998) montre que les processus embryonnaires se manifestent très tôt par la formation de petits nodules de cellules méristématiques ; seules les cellules appartenant à ces nodules participent à l'élaboration des embryons somatiques.

D'après LEBRUN (1986), ces cals sont formés de proembryons bloqués au stade globulaire.

2 - Suspension cellulaire

Les quatre milieux de culture utilisés : MURASHIGE et SKOOG, WHITE, GAMBORG et HELLER en présence de 2,4-D à 10^{-6} M, nous montre une grande hétérogénéité de structure des cellules.

Seul le milieu GAMBORG a entraîné la formation d 'embryons somatiques du stade globulaire au stade cordiforme ; beaucoup sont coalescents et atypiques (planche 13).

Selon BAYLISS (1980), le milieu de culture peut influencer non seulement l'apparition des embryons somatiques mais aussi sur la conformité génétique de ce dernier.

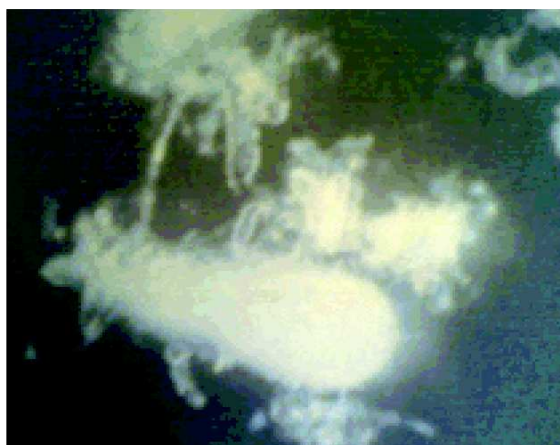
Les milieux de culture choisis doivent être les plus parfaitement adaptés aux besoins nutritifs de la plante étudiée afin de laisser s'exprimer pleinement son potentiel génétique (PIATTI, 1990).

Selon BOXUS (1995),la modification des milieux de culture porte le plus souvent sur la forme de la source d'azote, nitrate, ammonium, acide aminé, sur la nature et la concentration de la source de carbone et en dernier la concentration en régulateur de croissance.

D'après RAGHVAN (1997) le facteur essentiel pour l'expression du pouvoir embryogène des tissus, c'est la présence des auxines dans le milieu et en particulier le 2,4-D.



A



B

Embryons somatiques obtenus en suspension cellulaires.
A : Stade cœur.
B : Stade torpille.

3 - Conclusion

Les résultats obtenus sur l'effet des différentes concentrations en auxine, cytokinine (combinées) et différents types d'explants sur la callogenèse et l'embryogenèse somatique chez l'*Atriplex halimus* montrent que l'aptitude des différents types d'explants à la callogenèse et la formation des cals embryogènes de point de vue morphologique, varient en fonction des différentes concentrations en auxine, cytokinine (combinées) et également en fonction du type d'auxine et cytokinine utilisé.

Le milieu de culture GAMBORG induit une meilleure callogenèse que le milieu MURASHIGE et SKOOG, cela doit être dû aux effets des macroéléments.

Les meilleures combinaisons qui ont permis aux différents types d'explants d'exprimer leur pouvoir callogène et de donner des cals embryogènes sont :

AIA-KINETINE et 2,4-D pour le milieu Gamborg et 2,4-D, KINETINE pour le milieu Murashige et Skoog.

Tous les explants utilisés ont montré leur aptitude à la callogenèse en fonction des différentes combinaisons en substance de croissance mais le meilleur explant est l'entre-nœud.

Quant à la texture, les cals beiges à texture friable (caractéristique des cals embryogènes) sont obtenus surtout par les entre-nœuds sur milieu GAMBORG. Par contre, le milieu MURASHIGE et SKOOG donne plutôt des cals verts à activité photosynthétique.

Nous avons obtenu une callogenèse à partir d'explants cultivés sur le milieu de culture GAMBORG sans hormone de croissance. Cette callogenèse semble être possible par le choix des macroéléments qui ont un effet sur la balance minérale, cela a été signalé par BENREBIHA et al. (1992).

En ce qui concerne la suspension cellulaire, nous avons observé des embryons somatiques seulement sur milieu GAMBORG en présence de 2,4-D.

Chapitre V Effet du sel sur la morphogenèse de *Atriplex halimus* et la teneur en proline en culture in- vitro et in- vivo

Introduction

La sélection, parmi les espèces cultivées ; des cultivars résistants à la salinité constitue une tâche aléatoire et difficile, puisque la plupart de ces espèces ont été domestiquées en absence de sel et de ce fait ne possèdent pas nécessairement toutes les composantes physiologiques requises pour l'expression de la résistance à la contrainte saline (FLOWERS YEO,1995).

La végétation halophile a fait l'objet de nombreux travaux dans différentes disciplines. En Afrique du Nord on peut citer quelques auteurs (DUBUIS et SIMMONNEAU, 1954, 1957, 1960 ; FROMENT, 1972 ; GUINOCHET,1954 ; KILLIAN et LEMEIG, 1948 ; KILLIAN, 1951,1953 ; QUEZEL, 1954, 1957 ; NOVIKOF, 1957 ; POUGET, 1980 ;KAABACHE, 1991 ; BOUABDALLAH,1992).

BINET (1982) a observé que l'action du sel sur les voies métaboliques suivies par les composés azotés et sur les propriétés des parois et des membranes concourt à la définition des bases physiologiques de l'halophilie et de la résistance au sel.

De nombreux auteurs ont contribué à l'étude des mécanismes physiologiques et écophysiologiques de la résistance ou de l'adaptation des plantes aux milieux salés ou présentant des conditions stressantes : chocs hydriques ou de températures (BINET,1968,1978,1989 ; BOUCAUD et UNGAR, 1975 ; BIGOT et BINET,1979 ; BILLARD et al., 1976,1982 ; AYADI et al. ,1980 ; MOZAFAR et GOODIN,1970).

Selon CHRETIEN (1992), parmi les axes de recherche les plus développés se trouve l'étude des effets de la salinité sur la croissance et la morphologie des plantes qui se font sentir dès la phase de la germination et se poursuivent tout au long du développement de la plante.

BINET (1989) a montré également que les végétaux supérieurs adaptés aux milieux chauds, secs ou salés présentent des particularités biologiques, morphologiques, anatomiques, cytologiques qui leur permettent soit d'échapper aux contraintes du milieu soit de résister à ces contraintes par différentes adaptations.

Parmi les plantes manifestant une résistance à la salinité, on peut citer les *Atriplex* (ZID et BOUKHRIS,1977). Les *Atriplex*, classés comme halophytes ont fait l'objet de nombreux travaux relatifs à leur résistance et leur physiologie vis à vis du sel (TWITCHELL, 1955 ; BEADLE et al.,1957 ; BLACK,1958,1960 ; BINET1965 ; SPRINGFIELD,1966 ; CHARTTERTON et McKELL,1969 ; SANKARI et BARBOUR,1972 ; KAPLAN et GALE, 1972 ; BILLARD et al.,1976 ; BIGOT et BINET,1979 ; IGNACIUK et LEE,1980 ; TERRENCE et UNGAR, 1983. Ils sont capables d'accomplir leur cycle de développement et de survivre sur de tels milieux (FAURIE et al.,1984).

D'après EL HAMROUNI (1986), les *Atriplex* tolèrent une salinité élevée sur laquelle ils sont cultivés. Selon LE HOUEROU (1992), les *Atriplex* peuvent tolérer jusqu'à 45g/l de NaCl. Ils peuvent valoriser les sols pauvres et dégradés, comme ils peuvent déssaliniser les sols salés (PANTANER et LE HOUEROU,1988).

La tolérance à la salinité est une caractéristique génétique ; elle est variable selon l'espèce et le développement de la plante mère (BEADLE, 1952 ; BINET,1968 ; BILLARD et BINET,1975 ; ZID et BOUKHRIS,1977).

En réponse à la contrainte saline, une des stratégies d'adaptation consiste à synthétiser des osmoprotecteurs, principalement des composés aminés (LEVIGNERON et al.,1995 ; HANDA et al. 1986 ; YANCEY, 1994).

De nombreuses études sur les halophytes ont mis en évidence une accumulation d'acides aminés libres (STEWART,1981), comme *suéda macrocarpa* (BOUCAUD,1970), *limonium vulgare* (LARHER et al.,1970).

Chez les halophytes, l'accumulation de ce composé aminé s'interprète comme un indicateur de la tolérance à la salinité (DAINES et GOULD, 1985).

En effet, dans les milieux salés, les plantes s'adaptent en accumulant dans le cytoplasme des composés azotés comme la proline (IRIGOYEN et al., 1992).

La proline ou acide pyrrolidine 2 carboxylique $C_5H_9O_2N$ est l'un des vingt principaux acides aminés naturels qui entrent dans la constitution des protéines. Elle a été extraite pour la première fois par Fisher en 1901 (NEMMAR, 1983).

La proline joue un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole, dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques ainsi qu'un rôle de régulation du pH (STEWART, 1972 ; MONNEVEUX et THIS, 1997).

Cet acide aminé est retenu comme indicateur de la tolérance au froid, à la sécheresse ou à la salinité (FLOWERS et al., 1977 ; CHRETIEN, 1992 ; DELAUNEY et VERMA, 1993 ; TAYLOR, 1996).

Dans ce chapitre, l'étude portera sur le comportement de *Atriplex halimus*, soumis à différentes concentrations de NaCl et de suivre également les variations de la teneur en proline des plantules issues de semis en culture *in-vitro* et *in-vivo*.

1 . Effet de la salinité sur la croissance de *Atriplex halimus* en culture *in-vitro*

Cette étude a pour but d'étudier l'influence de différentes concentrations de NaCl sur la croissance des plantules et de constater la limite de la tolérance de *Atriplex* ainsi que la variation de la concentration de la proline en fonction de la salinité

1 .1 . Effet du sel sur la croissance des plantules

Pour évaluer l'effet du sel sur la croissance des plantules, nous avons pris en considération le nombre de paires de feuilles, la longueur de la tige et de la racine principale.

1 . 1 . 1 . Nombre de paires de feuilles

Après un mois de culture, nous avons procédé au dénombrement des feuilles afin d'évaluer la production foliaire.

D'après le tableau 17, nous constatons que le témoin C0 et la concentration C1 (5g/l de NaCl) donnent le nombre de paires de feuilles le plus élevé respectivement 3,25 et 3,11 ; la valeur la plus faible est obtenue par la concentration C8 (40g/l de NaCl) et qui est de 0,91.

Concentrations Explants	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Moy	3,25	3,11	2,33	2,17	1,58	1,54	1,54	1,04	0,91
E.T.±	0,35	0,42	0,47	0,12	0,11	0,06	0,06	0,06	0,12
G.H.	A	A	B	B	BC	BC	BC	C	C

Tableau 19 : Nombre de paire de feuilles

La figure 17 montre que le nombre de paires de feuilles diminue en fonction de la concentration du NaCl dans le milieu ; à partir de la concentration C4 (20g/ldeNaCl) la production foliaire est considérablement diminuée.

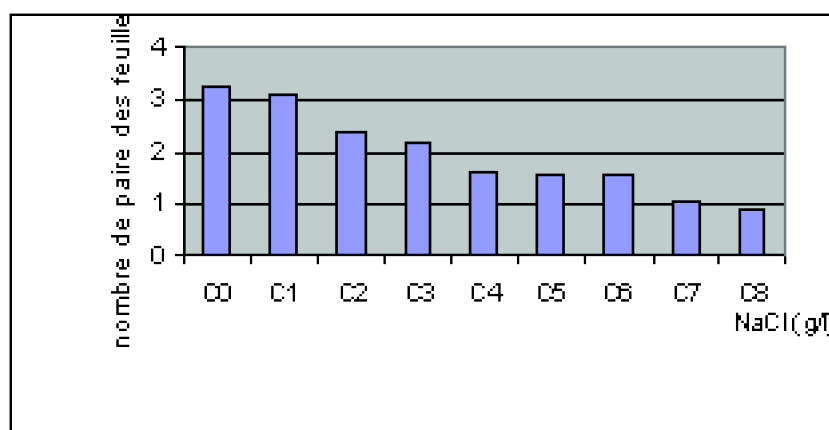


Figure 17 :Effet de la concentration de NaCl sur le nombre de paires de feuilles

Au delà de 25g/l, nous avons observé un léger jaunissement accompagné de la chute des feuilles de la base mais n'avons pas observé de mortalité même à 40g/l de NaCl.

L'analyse statistique, montre que les différentes concentrations de NaCl ont un effet hautement significatif sur le nombre de paires de feuilles.

1 . 1 . 2 . longueur de la tige

Un mois après la mise en culture et à différentes concentrations de NaCl, les vitro-semis présentent une seule tige mince et d'une longueur variable.

La longueur la plus élevée a été obtenu pour la concentration C1 qui nous donne une valeur de 3,72cm suivi du témoin C0 et C3 avec les valeurs respectivement de 3,53 et

2,68 cm. Au delà de 20g/l (C4) de NaCl la longueur diminue considérablement, la l'allongement le plus faible est obtenu

par la concentration C8 (40g/l de NaCl est qui est de 0,56cm (Tableau 20 et figure17).

concentrations Explants	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Moy (cm)	3,53	3,72	2,68	1,57	1,64	1,39	1,35	0,95	0,56
E.T.±	0,67	1,38	1,83	0,42	0,12	0,22	0,29	0,21	0,01
G.H.	AB	A	ABC	ABC	BC	BC	BC	C	C

Tableau 20 : Longueur de la tige

Nous remarquons qu'à partir de la concentration C3 , l'allongement des plantules est ralenti et qu'à partir de 35g/lde NaCl, nous avons observé une inhibition de la croissance des tiges (Planche 12).

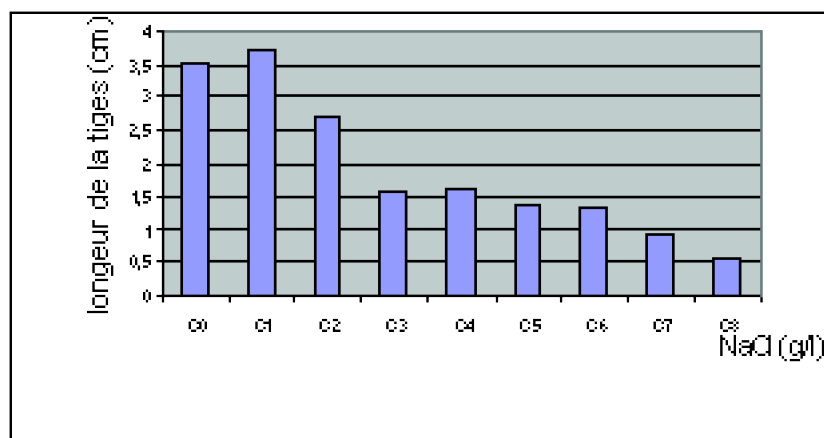


Figure 18 :Effet de la concentration de NaCl sur la longueur des tiges



Aspect morphologique de vitro-plants développés pendant un mois
Sur milieu de MURASHIGE et SKOOG en présence de différentes
concentrations en NaCl (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35 g/l de NaCl).

Planche 12

L'analyse statistique montre qu'il existe une différence très hautement significative sur l'allongement des tiges.

1 . 1 . 3 . La longueur de la racine principale

D'après le tableau 19, c'est la concentration C2 qui donne la longueur la plus importante de la racine principale (4,44cm) suivie par la concentration C1 et le témoin qui donnent des valeurs respectivement de 4,30 et 4,22cm.

A partir de 15g/l de NaCl, la longueur de la racine est fortement réduite (Figure 19).

Concentrations Explants	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Moy	4,22	4,30	4,44	3,10	2,66	2,16	1,59	0,94	0,38
E.T. ±	0,69	0,75	0,49	1,20	0,28	0,13	0,64	0,02	0,04
G.H.	A	A	A	AB	ABC	ABC	BCD	CD	D

Tableau 21 : Longueur de la racine principale

Les concentrations 5g/l et 10 g/l de NaCl produisent des racines ayant une longueur homogène et plus longue et des racines secondaires intenses.

Cependant, nous avons constaté que plus la concentration en NaCl augmente et plus les racines formées sont courtes et les racines secondaires moins intenses.

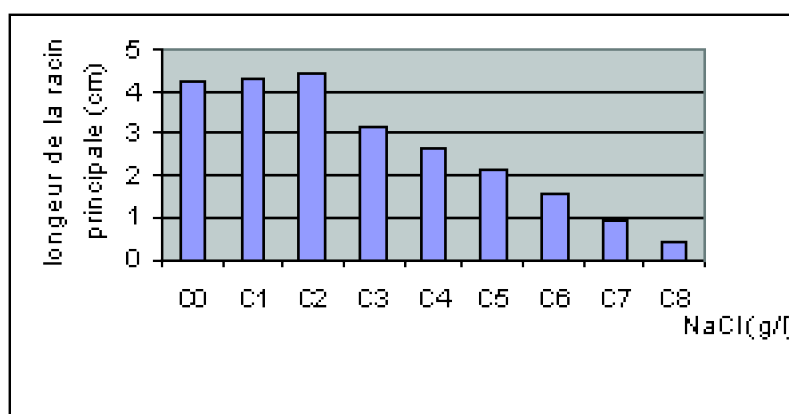


Figure 19 :Effet de la concentration de NaCl sur la longueur de la racine

Une différence significative est révéélé entre les différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la racine principale.

1 . 1 . 4 . Discussion et conclusion

Nous remarquons d'après les résultats obtenus une stimulation du nombre de feuilles, de la longueur de la tige et de la racine à 5 et 10g/l de NaCl ; mais au delà de 20g/l la croissance diminue considérablement. Ce qui confirme les résultats déjà obtenus par BENREBIHA, 2001 et BENAHMED et al., 1996.

BLACK(1956), montre que 5g/l de NaCl améliore la croissance, chez l'*Atriplex hastata*. BILLARD et BINET (1975), observent que la croissance d'*Atriplex littoralis* est

maximale à 5g/l de NaCl ; BILLARD et al.(1976) signalent également l'insensibilité d'*Atriplex arenaria* au sel tant que la concentration ne dépasse pas 10g/l mais au delà de 20g/l, le nombre de paires de feuilles diminue considérablement.

De plus, nous notons une manifestation d'un léger jaunissement, accompagné de la chute des feuilles les plus basses (indice de la proximité de la zone de toxicité) ; comme cela a été signalé par ZID et BOUKHRIS (1977) à 30 g/l de NaCl.

Quant au dépôt de sel et l'épaississement des feuilles, cela a été déjà signal par divers auteurs (AYADI et al.,1980 ;BENREBIHA, 2001 ; FREITAS et al. ; 1992). Cet épaississement serait dû à l'accumulation du NaCl au niveau des feuilles.

Chez les halophytes, le sel induit une augmentation de l'épaisseur des feuilles et de la taille des cellules palissadiques, ainsi qu'une réduction de la densité stomatique (CHRETIEN, 1992).

Certaines halophytes excluent le chlorure de sodium de leur feuilles par glandes spéciales dites « glandes à sel », de structure plus ou moins complexe située à la face supérieure de ces feuilles. L'excrétion peut se faire aussi sous forme de poils salés comme chez les *chénopodiaceae* ; dans le genre *Atriplex*, les poils sont constitués par des cellules très allongées, l'accumulation se faisant dans les vacuoles (AYADI et al., 1980).

L'*Atriplex halimus* est caractérisé par une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle du chlore et du sodium dans les feuilles, la contribution de ces ions peut rendre compte de la presque totalité de l'abaissement du potentiel osmotique (HAMZA, 1980) ; dans tous les cas, l'accumulation de Na^+ est plus rapide que celle de Cl^- (SLAMA,1982,1987 ; HERNANDEZ et al.,2000).

Selon AYADI et al.(1980) chez ces halophytes 90% de Na^+ accumulé se retrouve au niveau des organes aériens dont au moins 80% au niveau des feuilles.

Lors de notre étude, la réduction de la longueur de la tige est affectée par les concentrations élevées du sel (30,35,40 g/l de NaCl). Cette réduction de croissance des tiges peut être due aux effet de NaCl dans le milieu de culture, se traduisant par une inhibition des éléments minéraux par les racines.

Des résultats analogues ont été observés par SOLTANI et al.(1990) montrant que les réductions de croissance en présence de NaCl sont attribuables aux effets du sel dans le milieu plutôt qu'à un effet toxique des ions Na^+ et Cl^- .

Le NaCl exerce un effet dépressif sur la croissance en limitant l'approvisionnement de la plante en Ca^{++} (élément indispensable pour le maintien de la structure cellulaire (SOLTANI et al.1990 ; POURRAT et DUTUIT, 1993).

Les travaux de LANGDAL et THOMAS (1971) ont montré que l'augmentation de la concentration du milieu en NO_3^- peut améliorer la croissance des plantules traitées par le NaCl. Cet effet a été attribué à une réduction de l'absorption des chlorures Cl^- par les nitrates NO_3^- (KAFKAFI et al.,1982 ; MUNNS et TERMAAT,1986 ; TORRES et BINGHAM, 1973 ; YOUSSEF et SPRINT, 1983)

L'augmentation de sel induit une réduction de l'absorption de certains éléments

nutritifs comme l'azote ; ce dernier favorise le développement végétatif (AUGE, 1986).

Cette réduction est due à la présence élevée de sodium dans le milieu de cultures, qui bloque l'assimilation de certains éléments nutritifs nécessaires au développement des tiges par le phénomène d'antagonisme (MAZLIAK, 1981).

L'enrichissement des tissus en sodium serait plutôt la cause de la réduction de la croissance (DELANE et al., 1982).

Selon WINICOV (1998), dans le cas d'une présence excessive du sodium, ce dernier sera utilisé à la place du potassium.

Le développement racinaire a été aussi affecté par les concentrations élevées de NaCl.

Selon ZID et BOUKHRIS (1976), l' *Atriplex* pousse et se développe à 10 g/l ; mais au delà, se manifeste un effet dépressif très marqué par le chlorure de sodium sur la rhizogenèse. La diminution du taux d'enracinement des racines peut être due aux phénomènes de toxicité.

Dans le cas de l' *Atriplex arenaria* , une augmentation de la concentration du milieu en NaCl modifie le rythme de croissance des racines (THUAULT, 1984).

D'autre part, les travaux de LEVITT (1982) montrent que les halophytes accumulent des quantités importantes de sodium dans la partie aérienne, alors que les racines sont moins riches en sodium que les feuilles.

Selon ZID et BOUKHRIS (1977) à 30 g/l de NaCl, les racines deviennent blanches grêles et ramifiées.

Nous avons constaté l'apparition de cals sur les différentes concentrations de sel (0,5 ,10 ,et 15g/l) avec un pourcentage relativement faible (4,16 à 13,63 %) ; cette manifestation est considérée comme une manifestation morphologique de la plante (BENREBIHA, 1992).

1 . 2 . Accumulation de la proline chez les vitro-semis d' *Atriplex halimus*

Les essais ont été réalisés pour suivre l'évolution de la teneur en proline sous stress salin chez l'*Atriplex halimus* au stade 30 jours de développement pour les différents organes (tiges, racines et feuilles).

1 . 2 . 1 . Accumulation de la proline dans les feuilles

L'accumulation de la proline dans les feuilles de l'*Atriplex halimus* après 30 jours à partir des plantes stress *in-vitro* sont présentés dans le tableau 22.

Nous remarquons qu'à 30 jours de développement des vitro-semis que la concentration de la proline est significativement importante. Cette

concentration est de l'ordre de 6,38 ; 6,43 et 6,61 $\mu\text{mol}/100\text{g}$ de MF respectivement pour les concentrations C6,C7,C8 (30, 35 et 40 g/l de NaCl) ; alors qu'elle n'est qu'à 4,66

$\mu\text{mol}/100\text{g}$ de MF pour le témoin.

Concentrations Explants	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Moy	4,66	6,03	6,09	6,07	6,17	6,30	6,38	6,43	6,61
E.T. $\pm$	1,54	0,10	0,06	0,12	0,15	0,03	0,06	0,06	0,06
G.H.	B	A	A	A	A	A	A	A	A

Tableau : 22 Concentration de la proline dans feuilles après 30 jours de développement.

D'après la figure 20, nous constatons que la teneur de la proline dans les feuilles augmente avec l'augmentation en sel.

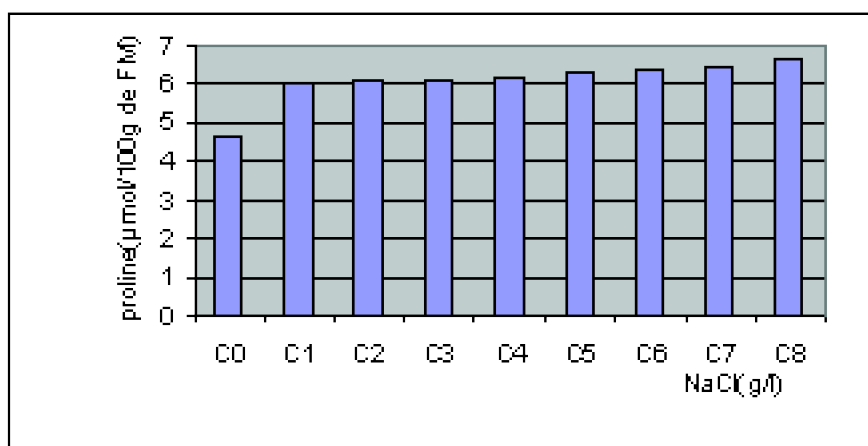


Figure 20 : Concentration de la proline dans les feuilles

L'analyse statistique a montré qu'il existe une différence significative sur la concentration de la proline chez l'*Atriplex halimus*

1 . 2 . 2 . Accumulation de proline dans les tige

La proline suit une évolution dans les tiges pour les différentes concentrations de sel.

Les résultats de la teneur en proline, à 30 jours de développement de la plante, sont présentés dans le tableau 23.

Concentrations Explants	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Moy $\mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ de MF	4,58	5,95	5,82	6,07	6,22	6,24	6,31
E.T. $\pm$	1,20	0,15	0,43	0,03	0,03	0,07	0,06
G.H.	B	A	A	A	A	A	A

Tableau 23 : Concentration de la proline dans les tiges après 30 jours de développement

La figure 21 montre que la concentration C8 donne la plus grande valeur qui est de 6,31 $\mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ de MF de proline.

Nous constatons par ailleurs que la teneur en proline des vitro-semis, augmente progressivement dans les tiges avec l'augmentation du sel.

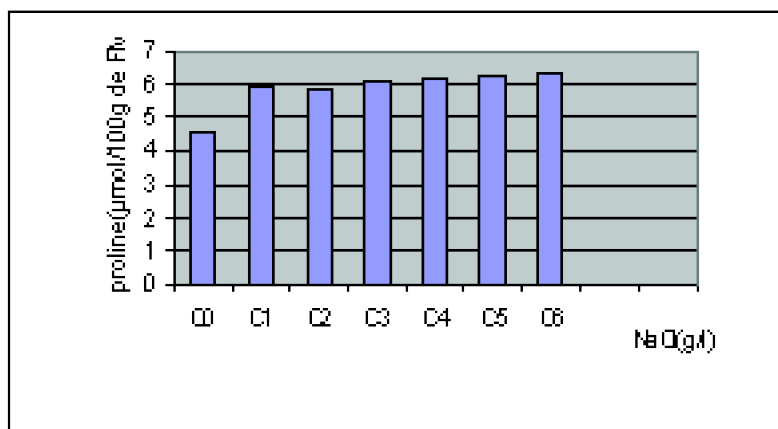


Figure 21: Concentration de la proline dans les tiges

D'après l'analyse statistique, il existe une différence hautement significative du facteur « sel » sur la concentration de la proline au niveau des tiges.

1 . 2 . 3 . Accumulation de la proline dans les racines

Après 30 jours de développement, nous remarquons l'accumulation de la proline est proportionnelle aux concentrations croissantes de NaCl.

La valeur la plus élevée est obtenue pour la concentration C₄ (20g/l de NaCl) et la plus faible pour le témoin C₀ et qui est de 4,23 $\mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ de MF (tableau 22).

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Moy $\mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ de MF	4,23	4,43	4,45	4,96	5,02
E.T. $\pm$	0,25	0,23	0,04	0,03	0,03
G.H.	B	B	B	A	A

Tableau : 24 Concentration de la proline dans les racines après 30 jours de développement

La figure 22 montre que l'accumulation de proline la plus élevée est de 5,02 $\mu\text{mol}/100 \text{ mg}$ de MF avec une concentration de 20 g/l de NaCl.

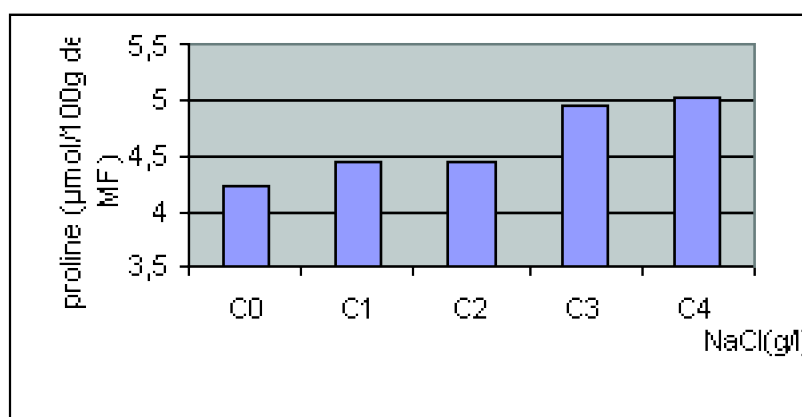


Figure 22: Concentration de la proline dans la racine

D'après l'analyse statistique, nous constatons que le facteur salinité, exerce une influence hautement significative sur la concentration de la proline.

1 . 2 . 4 . Discussion et conclusion

Les résultats obtenus montrent que la teneur en proline varie avec la concentration du sel. L'accumulation la plus élevée se retrouve au niveau des fortes concentrations pour les trois organes étudiés mais est légèrement plus importante au niveau des feuilles.

HIGAZY et al. (1995) montrent que l'évolution de la proline dans les plantes au cours de leur développement, varie en fonction de l'organe et de la concentration de NaCl. L'aptitude de la plante à accumuler de la proline est un indicateur de génotype tolérant aux différents stress (HANSON,1980).

VENKAMP et KOOT (1988), notent que l'accumulation de la proline en réponse à un stress est causée par l'augmentation de sa synthèse et que la source d'azote pour cet acide aminé peut provenir aussi des protéines foliaires.

GRENNWAY et MUNNS (1980) considèrent que l'accumulation du composé azoté

(proline), se produit lorsque la plante est en conditions défavorables

La particularité de l'accumulation de la proline pour les plantes hautement stressées du sel peut être une cause qui caractérise le développement de la tolérance à la salinité (PAQUIN, 1977).

ERICSON et RAINS (1981) et ERICSON et ALFINITO (1984) montrent que les cellules de tabac stressées au sel, présentent une augmentation de la synthèse de proline et une induction d'une nouvelle protéine. La plupart des plantes accumulent de la proline dans leurs limbes foliaires lorsqu'elles sont soumises à l'action de stress (SINGH et al. ; 1973 et BELARIBI, 1990).

LESAINT (1960) explique que le transport de la proline s'effectue depuis les feuilles âgées vers les plus jeunes chez le chou.

STEWART et LARHER (1980) notent que l'accumulation de la proline au niveau des tissus est souvent accompagnée d'un flétrissement visible de la plante.

La teneur en proline dépend de la surface foliaire et peu de la taille de la plante (NEMMAR, 1983).

STEWART et LEE (1974) indiquent que la proline intervient dans la régulation de la pression osmotique au niveau du cytoplasme.

HANSON (1980) mentionne que l'accumulation de la proline est un simple caractère accidentel dû à une conséquence de stress.

BOUCAUD et BILLARD (1979) ont montré, que lorsque la concentration en NaCl est de 129 mM, il y a augmentation de l'activité glutamine synthétasique.

De nombreuses études admettent que les espèces tolérantes notamment les halophytes accumulent des quantités importantes de sodium

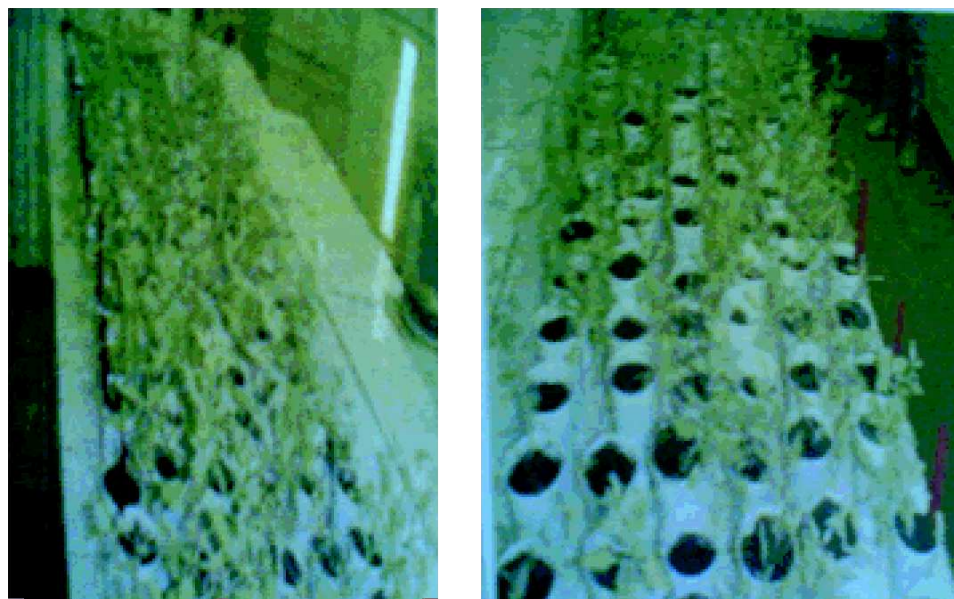
Selon PAQUIN (1977), la synthèse de cet acide aminé (proline) est localisée dans le collet chez la luzerne exposée au froid.

Nous remarquons que l'accumulation de la proline est moins importante dans les racines que dans les tiges et les feuilles.

STEWART (1981) note une compartimentation de la proline dans les feuilles et une forte accumulation sous l'effet de haute salinité avec des teneurs nettement moins importantes dans les racines.

Nous remarquons dans les tiges des plantes stressées, des teneurs en proline très voisines à celles des feuilles. Cette teneur en proline reste toujours élevée dans les milieux les plus concentrées.

D'après PASSIOURA (1981), le système racinaire est le plus efficient en condition de stress.



Plantes d'*Atriplex* obtenues après un mois de culture *in-vivo*
Avec différentes concentrations en NaCl.

Planche 13

2 - Effet de salinité sur la croissance de l'*Atriplex halimus* en culture *in vivo*

Cette étude porte sur l'influence du NaCl sur la croissance des plantules cultivées *in- vivo* ainsi que la variation de la proline sous l'effet du sel.(planche 13)

2 . 1 . Effet du sel sur la croissance des plantules

Afin d'évaluer la croissance des plantules, nous avons pris comme critère, le nombre de paires de feuilles et la longueur de la tige.

2 . 1 . 1 . Nombre de paires des feuilles

Après un mois de culture, nous avons procédé au dénombrement des feuilles.

D'après le tableau 25, nous constatons que les concentrations, C1 (5g/l de NaCl) et le témoin C0 présentent le nombre de paires de feuilles le plus élevé avec les valeurs respectivement de 9,42 et 9,25 paires de feuilles ; alors que les valeurs les plus faibles (1,81 et 1,01 paires de feuilles) sont obtenus par les concentrations C7 et C8 (35 et 40 g/l de NaCl).

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Moy	9,25	9,42	9,33	8,83	8,75	7,83	7,58	7,25	6,75
E.T. ±	1,22	1,44	1,37	1,19	0,97	0,83	0,67	0,87	0,75
G.H.	A	A	A	AB	AB	BC	C	C	C

Tableau 25 : Nombre de paires des feuilles

D'après la figure 23, nous remarquons que la concentration C1 (5g/l de NaCl) stimule la production foliaire, mais à partir de 20g/l de NaCl, cette production diminue.

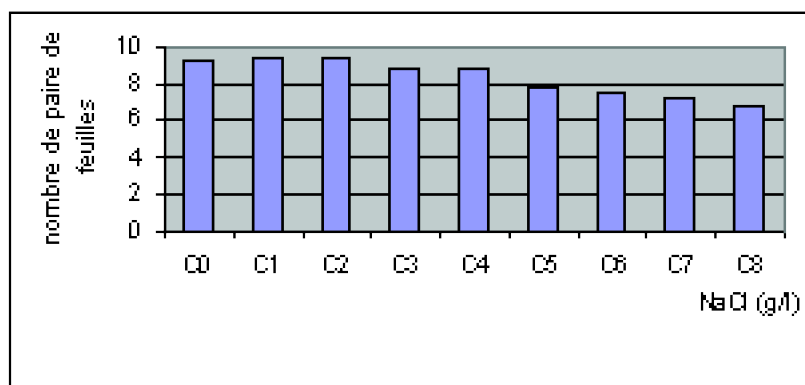


Figure 23: Effet de la concentration de NaCl sur le nombre de paires de feuilles

L'analyse statistique montre une différence significative entre les différents traitements de NaCl.

Lors de l'expérimentation, nous avons observé la présence d'un dépôt de sel au niveau de la surface foliaire. Ce dernier est bien visible au niveau des plantes soumises aux concentrations C7 et C8 (35 et 40 g/l de NaCl).

Un léger jaunissement se manifeste également chez les feuilles de base et s'accompagne de chute.

2 . 1 . 2 . Longueur de la tige

.....D'après les résultats obtenus, l'allongement le plus important est donné par la concentration C1 et le témoin avec respectivement des valeurs de 24,33 et 23,88 cm. Les concentrations C7 et C8 donnent les valeurs les plus faibles qui sont de 1,99 et 1,80 cm.

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Moy	23,88	24,33	21,71	21,00	19,83	19,46	17,75	15,95	14,58
E.T ±	3,94	4,16	2,17	1,54	1,90	1,70	2,09	2,15	2,02
G.H.	A	A	B	B	BC	BC	CD	DE	E

Tableau 26 : Longueur de la tige

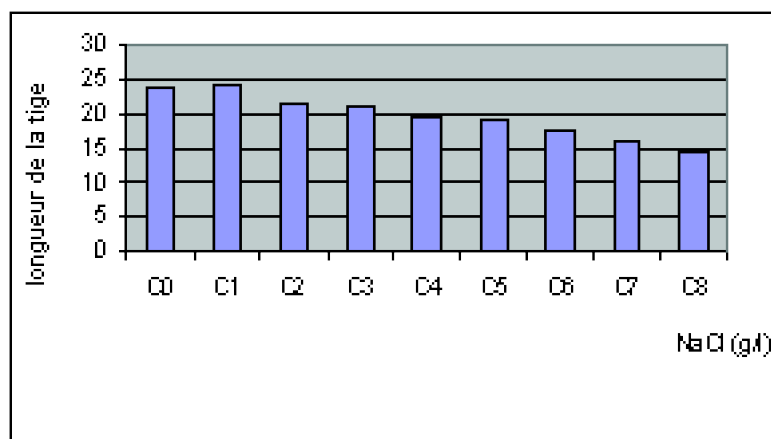


Figure 24: Effet de la concentration de NaCl sur la longueur de la tige

La concentration C₁ (5g/l de NaCl) stimule la longueur des tiges mais à partir de la concentration C₄ (20g/l deNaCl) l'allongement des plantes diminue (Planche 14).

L'augmentation du NaCl dans le milieu ralenti le développement des tiges mais les plantes arrivent à survivre même à 40g/l (figure 24).

L'analyse statistique révèle une différence hautement significative entre les différentes concentration de NaCl appliquées par rapport au témoin

2 . 1 . 3 . discussion et conclusion

D'après les résultats obtenus, la concentration 5g/l stimule le nombre de paires de feuilles et la longueur de la tige mais à partir de 15g/l, cette production est diminuée et au delà de 35g/l le sel devient nocif.

L'effet stimulateur des faibles doses a été étudié par plusieurs auteurs (ASHBY et BEADLE, 1957 ; BLACK, 1958 ; BROWELL, 1965 ; BLUMENTHAL et POLJAKOFF-MAYBER, 1968 ; GALE et POLJAKOFF-MAYBER,1970 ; BENREBIHA , 2001).

KAPLAN et GALE (1972), observent une croissance et une rentabilité de l'eau meilleure en présence de NaCl, cela est dus selon BIGOT et BINET(1979), à une conductivité hydrique des racines et à une résistance des feuilles à la diffusion importante des gaz.

Selon MAZLIAK(1981), à partir de 10g/l de NaCl, la croissance et l'allongement des plantules sont ralentis. Cette réduction semble être due à la présence élevée de sodium dans le milieu, qui bloque l'assimilation de certains éléments nutritifs nécessaires au développement des tiges par le phénomène d'antagonisme.



Aspect morphologique de plantules d'*Atriplex* développées pendant un mois en culture *in-vivo* en présence de différentes concentrations en NaCl (0 à 35 g/l de NaCl).

Planche 14

AUGE et al. (1989), montrent que les concentrations élevées de NaCl provoquent une forte réduction de la surface foliaire. Cette réduction semble être liée à la forte pression osmotique du milieu (SHABALA et NEWMAN, 2000).

Les 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, et les chlorures avec les nitrates, les phosphates et les sulfates (AJMAL KHAN, 2000).

WINICOV (1998), note également que l'assimilation du carbone par la plante serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire plutôt que du taux de photosynthèse.

Selon les travaux de SLAMA (1987), les feuilles accumulent les deux ions (Na^+ et Cl^-) indépendamment. Il a aussi noté que l'aptitude à remettre en circulation dans le

phloème le Na^+ qui atteint la feuille, est en relation positive avec la sensibilité des plantes au NaCl.

L'augmentation de sel induit une réduction de l'absorption de certains élément nutritifs, comme l'azote, ce dernier favorise la végétation (AUGE et al., 1986). Ceci est constaté également par ZID et BOUKHRIS (1977), il y a une diminution de l'azote au niveau des feuilles par l'augmentation de sel qui provoque une diminution des feuilles chez l'*Atriplex halimus*.

Nous avons observé la présence d'un dépôt de sel au niveau de la surface des feuilles des plantes soumises aux concentrations 35 et 40g/l de NaCl. D'après MOZAFAR et GOODIN (1970), la résistance à la salinité est attribuée à la présence de poils vésiculeux (thricomes) qui couvrent les surfaces foliaires et renferment de grandes quantités de sel.

2 . 2 . Accumulation de la proline chez l'*Atriplex* en culture *in- vivo*

Les essais ont été réalisés, pour suivre l'évolution de la teneur en proline sous stress salin chez l'*Atriplex halimus* après 30 jours de développement en culture *in- vivo* ; deux organes ont été retenus, les feuilles et les tiges.

2 . 2 . 1 . Accumulation de la proline dans les feuilles

Les moyennes d'accumulation de la proline dans les feuilles d'*Atriplex halimus* après 30 jours à partir des plantes stressés figurent au niveau du tableau 27.

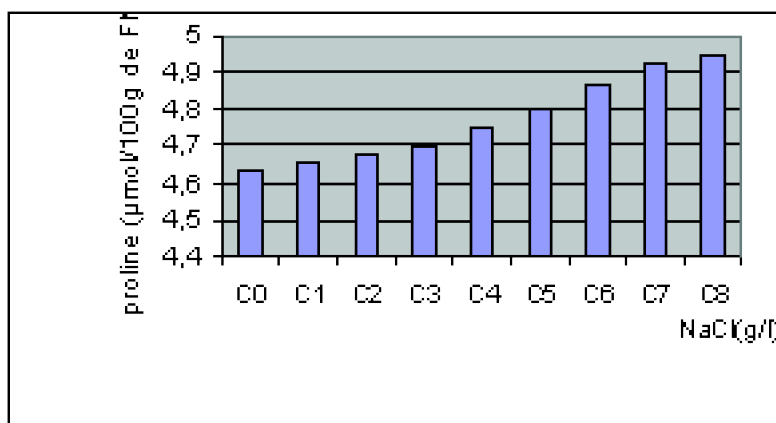


Figure 25 :Concentration de la proline dans les feuilles

D'une manière générale, après 30 jours de développement des plantes ; nous remarquons que la teneur en proline augmente progressivement dans les feuilles (Figure 25). L'accumulation de la proline est très nette à la concentration de 40g/l de NaCl (4,95µmol).

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Moy	4,63	4,66	4,68	4,70	4,75	4,80	4,87	4,93	4,95
E.T. ±	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
G.H	G	F	EF	E	D	C	B	A	A

Tableau 27 : Concentration de la proline dans les feuilles après 30 jours de développement

L'analyse statistique montre que les différentes concentrations de NaCl ont une influence hautement significative sur la concentration de la proline.

2 . 2 . 2 . L'accumulation de proline dans les tiges

Les résultats de l'accumulation dans les tiges après un mois de culture sur des plantes stressées *in-vivo* nous montrent que les concentrations 40g/l et 35g/l de NaCl (C8 et C7) donnent les valeurs les plus élevées qui sont respectivement de 5,11 et 5,03 μ mol.

Concentrations Explants	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
Moy	4,61	4,69	4,72	4,81	4,85	4,88	4,99	5,03	5,11
E.T. ±	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,01
G.H.	E	D	D	C	C	C	B	B	A

Tableau 28 : concentration de la proline dans les tiges après 30 jours de développement

D'après la figure 26, nous constatons que la teneur en proline des plantules augmente progressivement avec l'augmentation de la concentration du NaCl dans le milieu.

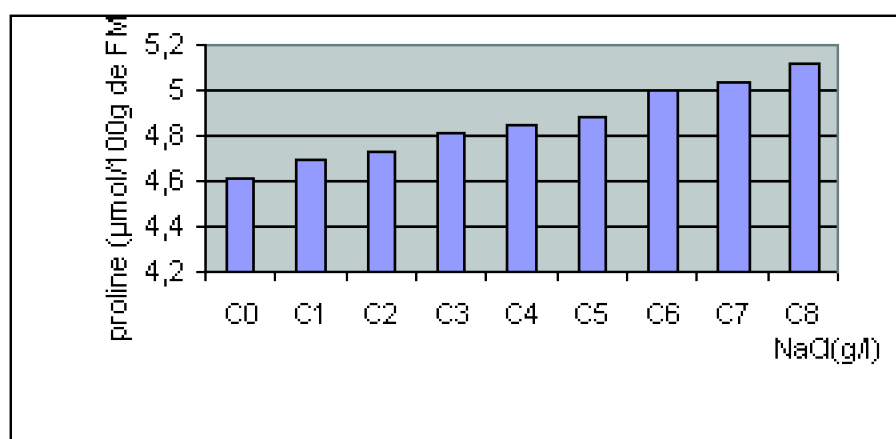


Figure 26 : concentration de la proline des tiges après 30 jours de développement

L'analyse statistique montre que le facteur salinité exerce une influence hautement significative sur la concentration de la proline dans les tiges.

2 . 2 . 3 . Discussion et Conclusion

Les résultats obtenus montrent que la proline s'accumule dans les plantes exposées au stress salin et varie selon les organes. La concentration en proline, que ce soit, au niveau des feuilles ou des tiges, augmente en fonction de la concentration du NaCl ; les valeurs les plus importantes sont obtenues avec les concentration 35g/l et 40 g/l.

Cette aptitude de la plante à accumuler de la proline est un indicateur de génotype tolérant aux différents stress (HANSON,1980 ;TAYLOR, 1996).

Chez les halophytes, la présence de NaCl dans un milieu entraîne une accumulation de certains solubles qui jouent un rôle osmotique dans le cytoplasme ; il s'agit de glucides solubles, d'acides organiques ou de composés azotés. Parmi ces composés, on peut citer la proline.

Selon RUDOLPH et al.(1986) ; SANTORO et al.(1992) ; la proline protège les membranes et les protéines contre les différents effets des hautes concentrations en ions inorganiques. Elle contribue également à l'ajustement osmotique (WYN JONES et al.,1977 ; BINZEL et al., 85, 87,88 ; KETCHUM et al.,1991 ; BOHNERT et al.,1995).

L'accumulation de la proline dans les feuilles est en étroite relation avec la salinité du milieu et une accumulation du Na⁺.

Selon HU et al.(1992), chez *Vigna aconitifolia*, il y a un gène codant pour l'enzyme la pyroline 5 carboxylate synthétase est fortement exprimée au niveau des feuilles des plantes soumises à un stress salin. D'après YOSHIBA et al.(1997), cette enzyme est un précurseur de la biosynthèse de la proline.

GREENWAY et MUNNS (1980) considèrent que l'accumulation du composé azoté se produit lorsque la plante est en conditions défavorables. STEWART et LARHER (1980) notent que cette accumulation de proline au niveau des tissus est souvent accompagné d'un flétrissement visible de la plante.

3 - Effet de la salinité sur le développement des cals

Cette étude porte sur l'effet du stress salin sur le développement des cals. Le milieu MURASHIGE et SKOOG a été utilisé avec comme auxine le 2-4D et cytokinine la Kinétine. Les concentrations en NaCl sont : 5, 10 et 15 g/l de NaCl.

3.1. Effet du sel sur le pourcentage des cals

D'après le tableau 30, le pourcentage moyen des cals diffère selon le type d'explant. La valeur la plus élevée est obtenue par les feuilles (50%), et la plus faible par les racines (27%).

Quant aux concentrations, le meilleur pourcentage est obtenu par la concentration C0 (le témoin) qui est de 81,1%. Les concentrations C2 et C3 n'ont pas permis aux différents types d'explants d'exprimer leur pouvoir callogène.

Concentration \ Explants	EX1	EX2	EX3	Moyenne F1
C0	63.33 ± 19.32	100.00 ± 0.00	80.00 ± 0.00	81.11 ± 10.48
C1	70.00 ± 16.33	70.00 ± 0.00	30.00 ± 0.00	56.67 ± 8.86
C2	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
C3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Moyenne F2	48.33 ± 11.80	50.00 ± 0.00	27.50 ± 0.00	Moyenne Générale 37.65

Tableau 29 : Effet du NaCl sur le pourcentage des cals issus de feuilles (EX1), d'entre-nœuds (EX2) et de racines (EX3)

Le meilleur pouvoir callogène est obtenu par les entre-nœuds et les racines sur le milieu C0 (témoin) avec les valeurs respectivement de 100% et 80% (Figure 27).

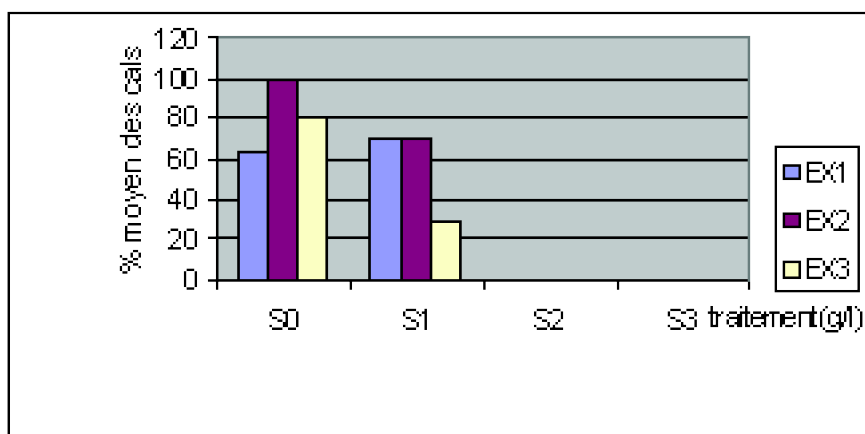
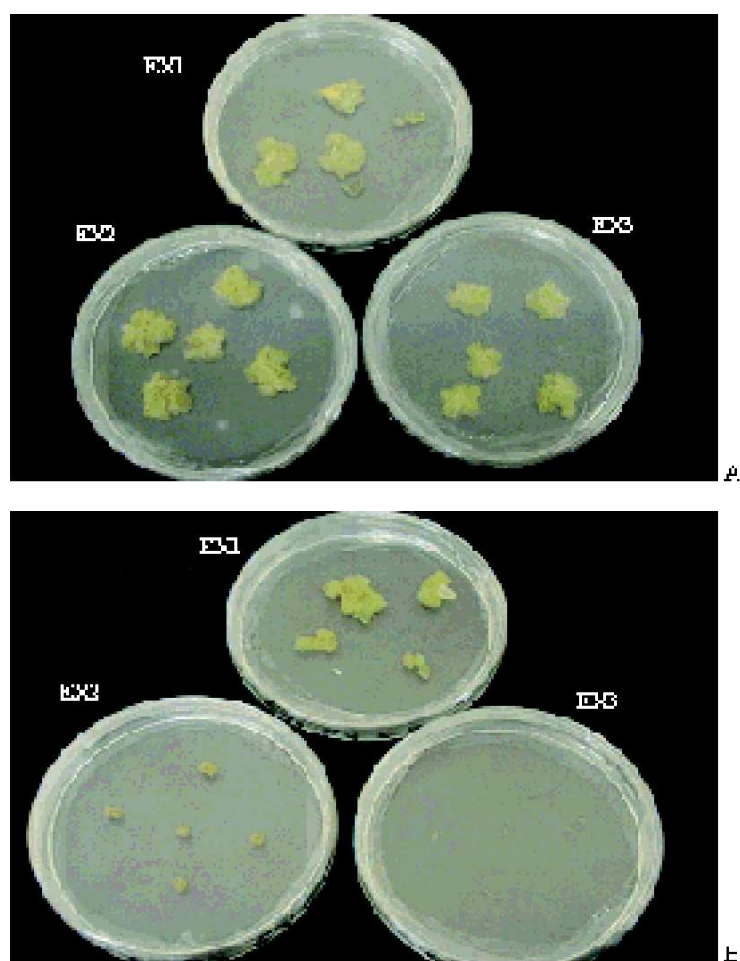


Figure 27: Effet du NaCl sur le pourcentage des cals issus de différents types d'explants

L'analyse de la variance montre que les différentes concentrations en NaCl et les différents types d'explants exercent une différence très hautement significative sur le pourcentage des cals.

3 . 2 . Effet du sel sur la couleur et la texture des cals

Les cals obtenus après un mois de culture présentent des caractéristiques morphologiques variées.(planche 15)



Aspect morphologique de calli développées pendant un mois
En absence (A) ou en présence (B) de 5 g/l de NaCl.

EX1 : Calli obtenus à partir de fragments de feuilles.
EX2 : Calli obtenus à partir de fragments d'entre-nœuds.
EX3 : Calli obtenus à partir de fragments de racines.

Planche 15

Explantations Explants		C0	C1	C2	C3
Feuilles	COULEUR	Vert clair à Blanc	Vert clair	-	-
	TEXTURE	Noduleuse	Noduleuse	-	-
Entre-nœuds	COULEUR	Vert clair à Blanc	Beige à brune	-	-
	TEXTURE	Noduleuse	Granuleuse (ferme)	-	-
Racines	COULEUR	Beige	Beige à brune	-	-
	TEXTURE	Noduleuse	Granuleuse (ferme)	-	-

Tableau 30 : Effet du NaCl sur la couleur et la texture des cals issus de feuilles (EX1), d'entre-nœuds (EX2) et de racines (EX 3)

Les explants issus des feuilles, le milieu C0 (témoin) et C1 donnent des cals de couleur vert clair à blanc et de structure noduleuse, caractéristique des cals non embryogènes.

Quant aux entre-nœuds, le milieu C0 (témoin) donne des cals vert clair à blanc à structure noduleuse alors que le milieu C1 donne des cals de couleur beige à brune à texture granuleuse et de consistance ferme.

Concernant les racines, le milieu C0 donne des cals de couleur beige à texture noduleuse caractéristique des cals embryogènes.

Les milieux C2 et C3 n'ont pas permis aux trois types d'explants de développer des cals.

3 . 3 . Effet du NaCl sur le poids frais des cals

Le poids frais le plus élevé est obtenu sur le milieu C0 (témoin), par les entre-nœuds (790,50 mg), puis les feuilles (606,58 mg) et le poids le plus bas est donné par le milieu

C1 soit 23,73mg.

Explants Concentration	EX1	EX2	EX3	Moyenne F2
C0	606.58 ± 87.21	790.50 ± 249.43	150.62 ± 41.33	515.90 ± 146.05
C1	557.98 ± 104.42	105.73 ± 13.75	23.73 ± 4.56	229.15 ± 57.17
F1	582.28 ± 91.72	448.12 ± 168.42	87.18 ± 28.03	Moyenne Générale 372.52

Tableau 31 : Effet du NaCl sur le poids frais des cals.

Les concentrations C2 et C3 n'ont pas permis aux différents types d'explants d'exprimer leur pouvoir callogène (Fig.28).

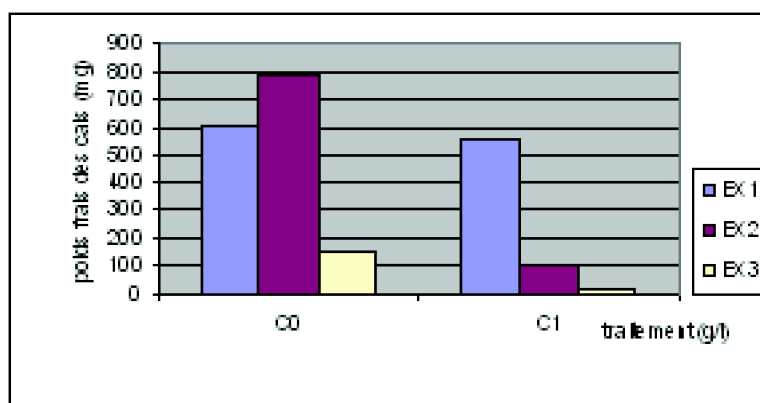


Figure 28: Effet du NaCl sur le poids frais des cals issus de différents types d'explants

D'après l'analyse de la variance, les différentes concentrations en NaCl appliquées sur les trois types d'explants révèle une différence très hautement significative sur le poids frais des cals.

3 . 4 . Discussion et conclusion

Les résultats obtenus montrent que la réponse des cals à la présence de NaCl dans le milieu de culture varie, selon la concentration saline utilisée.

La concentration C2 a permis aux fragments de feuilles, d'entre-nœuds et de racines d'exprimer leurs pouvoir callogène.

Par contre il n'y eu aucune callogénèse sur les milieux C2 et C3 ; alors que les plantules d'*Atriplex* en culture *in vitro* résistent à des niveaux de salinité plus élevés.

Selon BADJII et al.(1998), les cals n'ont pas le même comportement que les organes

dont ils sont issus.

Chez la vigne, BOUQUET et al., 1985 ont pu obtenir une callogénèse sur milieu de culture contenant jusqu'à 15g/l de NaCl.

Alors que chez d'autres espèces, la sélection des cals au NaCl, a permis d'obtenir des souches cellulaires tolérant de fortes concentrations en sel et de régénérer des plantes ayant des niveaux de tolérances supérieurs à celui de la plante-mère (MARTHUR et al., 1980 ; NARBOR et al., 1980 ; McHUGHEN et SWATZ, 1984 ; BHASKABAN et al., 1986).

4 – Conclusion

Les résultats obtenus ont montré que quel que soit le paramètre étudié (nombre de paire de feuilles, longueur de la tige et de la racine principale).

La concentration 5g/l de NaCl stimule la croissance mais dès que la concentration dépasse 15g/l, la croissance des plantules est réduite.

En culture *in-vitro*, la présence des fortes concentrations donne des résultats plus faibles par rapport au témoin (0g/l de NaCl) mais il n'y a aucune mortalité, le sel devient nocif à partir de 35g/l de NaCl.

L'étude de diverses concentrations de sel sur la croissance des plantules *in-vivo* révèle que la concentration 5g/l de NaCl stimule la croissance des plantules. Nous avons remarqué qu'à des niveaux de salinité élevée (20 à 40g/l de NaCl) il y a une inhibition de la croissance.

Pour le nombre de paires de feuilles, nous pouvons retenir que même en présence de fortes concentrations de NaCl, il y a une production foliaire mais à partir de 20g/l de NaCl, le nombre de paires de feuilles diminue significativement.

Concernant la longueur de la tige, le meilleur résultat a été obtenu avec la concentration de 5g/l, alors que pour les fortes concentrations il y a une réduction de la croissance de la tige.

Les résultats obtenus en culture *in-vitro* et *in-vivo* montrent que la proline s'accumule dans les plantes exposées au stress salin et varie dans les organes (feuilles et tiges) avec l'âge de la plante et augmente lorsque la concentration en sel s'élève.

Nous avons remarqué que la concentration en proline des plantes stressées est presque similaire au niveau des feuilles que des tiges.

Aussi, nous avons noté une induction de la callogénèse malgré l'absence d'hormone de croissance qui est plus forte pour les concentrations de 0 à 20g/l de NaCl, mais à partir de 25g/l la production de cals devient faible.

Concernant l'effet de la salinité sur le développement des cals, il y a une divergence de comportement physiologique entre la culture cellulaire et la plante entière. Seule la concentration 5g/l de NaCl a permis aux différents types d'explants d'exprimer leur

aptitude à la callogenèse.

CONCLUSION GENERALE

La multiplication végétative de l'*Atriplex halimus* par culture *in-vitro* est sans conteste envisageable, comme l'on montré les résultats obtenus.

Les différents essais de nutrition minérale à l'aide des milieux de culture de MURASHIGE et SKOOG, GAMBORG, GAUTHERET, HELLER ,et WIHTE ont permis de définir le milieu GAMBORG comme le meilleur milieu de culture pour la prolifération cellulaire. Quant aux macroéléments de WHITE et GAUTHERET, ils ne paraissent pas adaptés à la culture *in-vitro* de l'*Atriplex halimus*.

Après une phase d'initiation sur le milieu GAMBORG, on peut envisager d'utiliser le milieu de MURASHIGE et SKOOG, qui semble favorable au développement des racines.

L'utilisation des substance de croissance comme l'AIA, dans le milieu de culture de GAMBORG, soit de MURASHIGE et SKOOG, donnent des résultats différents. Pour mettre en évidence l'action de cette substance de croissance et l'éventuelle action limitante des éléments minéraux, il conviendrait de faire d'autres essais en modifiant les concentration en AIA.

Nous avons noté l'effet positif d'un apport de 5g/l de NaCl sur la morphogenèse de l'*Atriplex halimus* (nombre de paire de feuilles, longueur de la tige principale et de la racine) mais à partir de 20g/l de NaCl la croissance des différents organes diminue considérablement ; mais au delà de 40g/l il y a mort des plantules.

Comme nous l'avons vu, l'*Atriplex halimus* ne nécessite pas obligatoirement d'apport hormonale pour les différentes étapes de la morphogenèse et de la callogenèse.

Toutefois pour améliorer le rendement de formation des cals, les essais 2-4D - Kinétine ont donné de bons résultats (100%).

Pour ce qui est de l'embryogenèse somatique, des résultats positifs ont été enregistrés ; sur le milieu de culture de GAMBORG seul, puis additionné de 2-4D -Kinétine. Nous pouvons envisager un ensemble d'expériences qui nous permettraient d'augmenter le rendement de la production en embryons somatiques à partir de cals obtenus en milieux solides.

L'embryogenèse somatique apparaît comme une alternative intéressante pour la propagation de l'*Atriplex halimus*.

Donc il faut choisir avec soin les conditions de culture et le milieu nutritif dont la composition doit changer à chaque étape de l'organogenèse (développement de bourgeons, multiplication, allongement, enracinement).

Les principaux risques des cultures *in-vitro* sont les altérations chromosomiques des plantes au cours de leur développement. Cela conduit à cloner les individus. Le clonage *in-vitro* est une technique particulièrement adaptée à la sauvegarde de la diversité génétique des espèces naturelles.

Cette diversité génétique se retrouve *in-vitro* car l'on observe des résultats différents sur un même milieu de culture. Il semble donc nécessaire, pour les expériences de comparaison, de travailler sur du matériel végétal provenant d'un clonage d'individus ayant des caractéristiques particulières.

Il serait donc intéressant de compléter ce travail par des coupes histologiques et des études biochimiques.

Une recherche de génétique, en faisant appel à des techniques de biologie moléculaire s'impose également afin d'établir une carte génétique de l'*Atriplex halimus*.

BIBLIOGRAPHIE

- AIDOUD A. et AIDOUD F., 1988 : Les parcours steppiques du bassin versant du Chott Ech-Chergui (Algérie). Groupements et ressources pastorales. Coll. Phytosociologiques XVI, Paris : 579 –586, Berlin / Stuttgart.
- AJMAL KHAN M., IRWIN A. UNGAR and ALLAN M. SHOWALTER., 2000 : Effects of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. Annals of Botany 85, 225-232.
- ANONYME, 1994 : La steppe algérienne. Revue statistiques agricoles 14, 321p. Ministère de l'agriculture et de la Révolution Agraire – Algérie.
- ANONYME, 1980 : Etude de développement rural intégré dans la zone du barrage Vert de la région de M'Sila. B.N.E.D.E.R., 227p. Ministère de l'Agriculture et des pêches.
- ASHBY W.C, et BEADLE N.C.W., 1957 : Studies on halophytes III, Salinity factors in the growth of Australian Saltbush. Ecology, 38, 344-352.
- AUBERT G., 1960 : Les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur utilisation et de leur conservation. Actes Coll. U.N.E.S.C.O. de Paris sur les problèmes de la zone aride : 127 – 150.
- AUGE R., BEAUCHENESE G., BOCCON-GIBOD J.B. , DECORTY L., DIGAT B., JALOUZOT R., MINIER R., MORAND J.CI., REYNOIRD J.P., STRULLU D.G., VIDALIE H., 1986 : La culture *in-vitro* et ses applications horticoles. Ed. J.B. BAILLIERE. 256p.

- AUGE R., BEAUCHENESE G., BOCCON-GIBOD J.B. , DECORTYE L., DIGAT B., JALOUZOT R., MINIER R., MORAND J.CI., REYNOIRD J.P., STRULLU D.G., VIDALIE H., 1986 : La culture *in-vitro* et ses applications horticoles. 3^{em} Ed. Technique et documentation, Lavoisier 225p.
- AYADI A., MONNIER A., DEMARTY M., et THELLIER M., 1980 : Echange ioniques cellulaires : cas des plantes en milieu salé. Rôle Particulier des parois cellulaires. *Physiol. Vég.* 18 : 89-104.
- BAJII M., KINET J.M., LUTTS S., 1998 : Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant Science.* 137 : 131-142.
- BAUMER M., 1963 : Les pâturages et l'élevage sur les hauts plateaux algériens. Rapport F.A.O., Rome, 94p.
- BAYLISS M., 1980 : Chromosomal variation in plant tissues. In culture international review of cytology, supplement 11A, 113-114, 204 réf academic press.
- BEADLE N.C.W., 1952 : Studies in halophytes. I the germination of seed and establishment of the five species of *Atriplex* in Australia. *Ecology*, 33, 43-62.
- BEADLE N.C.W., WHALLEY R.D.B. et GISSONT B., 1957 : Studies in halophytes II Analytic data on the mineral constituents of three Species of *Atriplex* and their accompanying soils in Australia. *Ecology*, 33, 340 – 344.
- BEAUCHESNE G., 1976 : La multiplication végétative et culture *in-vitro*. Ouvrage publié par JACQUE R., Labo de physiologie C.N.R.S. Gif sur Yvette. Paris, 175p.
- BEAUCHESNE C., 1980 : Intérêt de la culture *in-vitro* pour la multiplication végétative. *C.R. Acad. Agr. Fr.*, 66, 638 – 649.
- BENAHMED H., ZID E., ELGAZZAH M. ANDGRIGNON C., 1996 : croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* L. *Cahiers Agricul.*, 5, 367 –372.
- BENLARBI M. 1990 : Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Defs). Etude des caractères morphologique et physiologique. Thèse de docteur d'état, Université de Constantine. 164p.
- BENREBIHA A., 1991 : La production des steppes à Armoise blanche dans la région de Djelfa : Influence de divers types de traitements agronomiques. IV Congrès Int des terres de parcours, Montpellier, 12-26 Avril.
- BENREBIHA A. et BOUABDALLAH E., 1988 : Note sur l'état actuel des parcours steppiques algériens. Rapport Ministère de l'agriculture, Alger, Algérie.
- BENREBIHA F., 1987 : Contribution à l'étude de la germination de quelques espèces d'*Atriplex* locales et introduites. Thèse de Magister, I.N.A El Harrach, Alger, 119p.
- BENREBIHA F., POURRAT Y., DUTUIT P., 1992 : Induction de la callogenèse chez l'*Atriplex halimus* sur milieux de culture dépourvus d'hormones de croissance. Rôle des éléments minéraux. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 3, 219-222.
- BENREBIHA F., 1993 : Contraintes minérale, biodiversité et clonage *in-vitro* Chez l'*Atriplex halimus* L. 4^{ème} Journées Biologiques du réseau biotechnologie végétale de l'UREF, Namur, Belgique, 18-21 octobre.
- BENREBIHA F., 1995 : Etude de la morphogénèse *in-vitro* de deux d'*Atriplex halimus*. Analyse de la variabilité entre populations et individus. 5^{em} Journées

- scientifiques du réseau de l'AUELF-UREF, Biotechnologies végétales : génie génétique des plantes, Dakar, Sénégal, 13 -21 décembre.
- BENREBIHA F., 1996 : Biodiversité et clonage in-vitro chez l'*Atriplex halimus* Séminaire national sur la biodiversité et ressources phytogénétiques. Université de Constantine, 11-13 mai.
- BENREBIHA F., 1996 : Essais de callogénèse à partir de différents explants de l'*Atriplex halimus*, en vue d'une régénération. Congres Internatiponal Ecodev 96, Adrar, Agérie, 13 -16 décembre.
- BENREBIHA F., 2001 : Effet de la salinité sur la morphogenèse de l'*Atriplex halimus*. Séminaire national sur la problématique de l'agriculture dans les zones arides et la reconversion, Sidi Bel Abbès, 22 -24 janvier.
- BHASKABAN S ., SMITH R., SCHERTZ K., 1986 : Progeny screening of sorghum plants regenerated from sodium chloride selected callus for salt toleance. J. Plant. Physiol., 122., 205-210.
- BIGOT J., et BINET P., 1979 : Action de la salinité sur la croissance et l'activité Cx (endo-B(1,4) glucacose) chez les feuilles d'*Atriplex littoralis* Physiol. Vég., 17, 347-362.
- BIGOT C., et CHAUSSAT R., 1980 : La multiplication végétative des plantes supérieures. Ed. Bordas., Paris, 168p.
- BILLARD J. et BINET J., 1975 : Physio-écologie des *Atriplex* des milieux sableux littoraux. Bull. Soc. Bot. Fr, 122, 51-54.
- BILLARD J., BINET P., BOUCAUD J., COUDRET A., LE SAOS J., 1975 : Halophilie et résistance au sel. Reflexions sur l'ahalophilie et quelques uns de s aspects physiologiques. Extrait de l'étude de biologie Végétale., Paris, 55p.
- BILLARD J, BINET P., et BOUCAUD J., 1982 : Modifications électrophorétiques des protéines solubles foliaires de Suaeda maritima var. macrocarpa, *Atriplex hortensis* et Phaseolus vulgaris en relation avec la teneur en NaCl du milieu de culture. Can. J. Bot., 9, 1590-1595.
- BINET P., 1965 : Etude de quelques aspects physiologiques de la germination chez *Atriplex tornabeni* Tin. Bull., Soc. Bot., Nord., Fr., 18, 40-55.
- BINET P., 1968 : Dormances et aptitudes à germer en milieu salé chez les halophytes. Bull., Soc., Fran., Physiol., Véget., 14, 1, 115-124.
- BINET P., 1978 : Définition et variabilité de l'halophilie et de la résistanceaux sels. Actualités botaniques, vol 3, N°4, 9-21.
- BINET P., 1982 : Halophilie et résistance au sel. Extrait des actes du colloque de biologie, 17-18 nov.
- BINET P., 1989 : Métabolisme et adaptation des végétaux aux contraintes hydriques, thermiques et salines. Bull. Ecol., 20., 1., 41-49.
- BINZEL M.L., HASEGAWA P.M., HANDA A.K., et BRESSAN R.A., 1985 : Adaptation of tobacco cells to NaCl. Plant Physiol., 79 : 118 -125.
- BINZEL M.L., HASEGAWA P.M., RHODES D., HANDA S., HANDA A.K., et BRESSAN R.A., 1987 : Solute accumulation in tobacco cells adapted to NaCl. Plant Physiol., 84 : 1408 -1415.
- BINZEL M.L., HESS F.D., BRESSAN R.A. et HASEGAWA P.M., 1988 : Intracellular

- compartmentation of ions in salt adapted tobacco cells. *Plant Physiol.*, 86 : 607 –614.
- BLACK R. F., 1956 : Effect of NaCl in water culture on ion uptake and growth of *Atriplex hastata* L. *Aust. J. Biol. Sci.*, 9., 67-80.
- BLACK R.F., 1958 : Effect of sodium chloride on leaf succulence and area of *Atriplex hastata* L. *Aust. J. BOT.*, 6., 4., 306-321.
- BLACK R.F., 1960 : Effect of NaCl on the uptake and growth of *Atriplex vesicaria heward*. *Aust. J. Sci.*, 249-266.
- BLUMENTHAL G.S., et POLJAKOPF-MAYBER A., 1968 : Effect of substrate salinity on growth and submicroscopic of leaf cells of *Atriplex halimus* L. *Aust., J., Bot.*, 16., 463-478.
- BOHNERT H.J., NELSON D.E. and JENSEN R.G., 1995 : Adaptation to environmental stress. *Plant Cell.*, 7, 1099-1111.
- BOUABDALLAH E., 1992 : La végétation steppique sur sols salés des hautes-plaines sud- Algéroises. Composition, structure et production. Thèse, Doc, sci, université Paris-sud, (ORSAY), 206p.
- BOUCAUD J., 1970 : Action du chlorure de sodium sur la morphologie de *Suaeda macrocarpa* Moq. Essai d'interprétation de l'halophilie de cette espèce. *C. R. Acad. Sc.*, 270, série D, 1571-1574.
- BOUCAUD J., UNGAR I.A., 1975 : Influence of hormonal treatments on the development of two halophytic species of *Suaeda*. *Amer. J., Bot.*, 65, 5, 694-699.
- BOUCAUD J., BILLARD J.P., 1979 : Etude comparée des activités G. D. H. et G. S dans les racines et les parties aériennes d'un halophyte obligatoire : *Suaeda maritima* var *macrocarpa* et d'un glycophyte *Phaseolus vulgaris* cultivés en présence de différentes concentrations en NaCl. *C. R. Acad. Sc.*, série D, 599-606.
- BOUHRAOUA A., 1989 : Contribution à l'étude d'un halophyte *Atriplex halimus*, cas du périmètre d'expérimentation d'El-Mesrane (W. de Djelfa). Thèse Ing, INA, El-Harrach, 87p.
- BOULAY M., 1979 : Multiplication et clonage du *Séquoia sempervirens* par la culture *in vitro*. *Afocel* 77. , 47-55.
- BOULAY M., 1987 : Recherches préliminaires sur l'embryogenèse somatique d'*Ecalyptus gunnii*. *Afocel* , 23-37.
- BOUQUET A., DANGLOT Y., LAMAISSON A., 1985 : Amélioration génétique des porte-greffes de vigne par culture *in-vitro*. Paris Moët-Hennessy (ed), 145-159.
- BOXUS P., 1975 : La production des plants sains à partir de méristèmes. Ed. Station de culture fruitière et maraîchère. Gembloux, 120-123.
- BOXUS P., 1995 : Multiplication végétative (Biotechnologies végétales). Ed Belgique, 37 –164.
- BOUZID S., 1983 : Morphogénèse et possibilité de multiplication végétative *in-vitro* chez les *citrus*. Thèse de doctorat d'état. Fac. des sciences de Tunis.
- BROWELL P., 1965 : Sodium as an essential micronutrient for a hisgher plant (*Atriplex vesicaria*). *Pl. physiol. Lancaster*, 40, 460.
- CHATTERTON N.J. et MCKELL C.M., 1969 : *Atriplex polycarpa* : I germination and

- growth as affected by sodium chloride in water cultures. *Agronomy Journal*, 61, 249-250.
- CHAVEZ V.M., LUTZ R.E., MOON P.A., et NOSTOC K., 1992 : Somatic embryogenesis from leaf callus of plant of the gymnosperm *Ceratozamia mexicana var robusta* (miq) dier cycadales. *Rev. Jardin botanico Ed Univ Mexico*, 59-63.
- CHOI Y.E., KIM Y.N. et YOON E.S., 1999 : High frequency of plant production via somatic embryogenesis from callus or cell suspension culture in *Eleutherococcus senticosus*. *Rev. Annals of botany* 83., 309-314.
- CHRETIEN D., 1992 : La résistance au sel chez le Jojoba (*Simmondsia chinensis*(Link)Schneider) : Croissance et modifications du contenu lipoprotéique de cals cultivés en présence d'une teneur élevée en NaCl. Thèse de doctorat de l'université de Pierre et Marie Curie., Paris VI.
- DAGUIN F., LETOUZE R., 1988 : Régénération du palmier dattier par embryogenèse somatique : Amélioration de l'efficacité par milieu liquide. *Fruit*, 43., 191-194.
- DAIKH H., et DEMARLY Y., 1987 : Résultats préliminaires sur l'obtention d'embryons somatique et la réalisation de semences artificielles de palmier (*Phoenix dactylifera* L.). *Fruits*., Vol 42., 10, 593-596.
- DAINES R.J., and GOULD A.R., 1985 : The cellular basis of salt tolerance studied with tissue cultures of halophytic grass *distichlis spicata*. J., *Plant physiol*, 119, 269-280.
- DAVID A., 1972 : Effet de diverses solutions minérales sur la prolifération des tissus de pin maritime en culture *in-vitro*. *C.R. Acad., Sc.*, 275, série D, 2857-2860.
- DELANE R., GREENWAY H., MUNNS R., GIBBS J., 1982 : Ion concentration and carbohydrate status of elongating leaf tissue of *hordeum vulgarerowing* at high external NaCl, relationship between solute concentration and growth. J., *Exp., Bot.*, 33, 557-573.
- DELAUNEY A.J., and VERMA D.P., 1993 : Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.*, 4 : 215 –223.
- DEMARLY Y., 1985 : L'épigénique. *Bull., Soc., Bot., Fr.*, 132 : 79-94.
- DUBUIS A. et SIMONNEAU P., 1954 : Contribution à l'étude de la végétation de la région de Ain Skhouna (Chott Chergui oriental). G.G.A. Direction du service de la colonisation et de l'hydroligue. Alger.
- DUBUIS A. et SIMONNEAU P., 1957 : Les unités phytosociologiques des terrains salés de l'ouest algérien. *Dir. Hyd. et equip. Rural. G.G.A., Bull. n°3*.
- DUBUIS A. et SIMONNEAU P., 1960 : Contribution à l'étude de la végétation halophile des bassins fermés du plateau d'Oran. *Dir. hydr. et equip. rurale. G.G.A. n°11*, 120p. Alger.
- DUCREUX G., ROSSIGNOL L. et ROSSIGNOL M., 1986 : La pomme de terre. La recherche, Vol :17, n°174, 193-203.
- DURAND R. et BOUDET A.M., 1979 : Les bouturages *in-vitro* de l'eucalyptus. Centre de physiologie végétale de l'université de Paul-Sabatée. France. 55-66.
- EL HAMROUNI A., 1986 : Atriplex species and other shrubs in range improvement in Nord Africa. In : *Reclamation and Revegetation Research*. Elsevier Sciences Publishers, 5, 151-158.

- ERICSON S., RAINS D.W., 1981 : Isolation, and function of proline. Plant cells and tissues., Vol 47, n°3, 349-385.
- ERICSON M.C. et ALFINITO S.H., 1984 : Proteins produced during salt stress in tobacco cell culture. Plant physiol. 74 : 506-509.
- EVANS D., 1981 : Soy bean tissue culture, soy bean genetic. News tetter, 8 : 27-29.
- EVANS D., SHARP W., MEDINA-FILHO H., 1984 : Somaclonal and gametoclinal variation. Amer. J. Bot. 71 : 759 –774.
- FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., 1984 : Ecologie.Ed. J –B. Paris., 72p.
- FAVRE J.M., 1977 : Premiers résultats concernant l'obtention *in-vitro* de néoformations caulinaires chez la vigne. Ann. Amélior. Planltes 27 :151-169.
- FERCHICHI H., 1994 : Etude de la diversité biologique de l'*Atriplex halimus* L. pour le repérage *in-vivo* et *in-vitro* d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu. Diplôme d'Etude Approfondies, Faculté des sciences de Tunis.
- FLOWERS T.J., TROKE P.F. and YEO A.R., 1977 : The mechanism of salt tolérance in halophytes. Annu. Rev. Plant physiol., 28, 89 –121.
- FLOWERS T.J., YEO A.R., 1995 : Breeding for salinity resistance in corplants : where next ? Aust. J. Plant pysiol. 22., 875-884.
- FRANCLET A. et LE HOUEROU H.N., 1971 : Les *Atriplex* en Tunisie et enAfrique de Nord. Document F.A.O., Rome 1971. 249p.
- FREITAS H., SIGMAR W., 1992 : Importance of blader hairs for salt tolerance of hold. Crown Atriplex species From a pertugues salt marsh.Filora, vol. 187., 283 –297.
- FROMENT D., 1972 : Etablissement des culture d'*Atriplex* en Tunisie centrale, In séminaire d'étude des problèmes méditerranéens, du 13 au 17 ;9 1971. Bull. Rech. Agron. Gembloux, hors série, 592-600.
- GALE J. et POLJAKOFF-MAYBE A., 1970 : Interrelation between growth and photosyntheses of salt busch (*Atriplex halimus* L.) grown in saline media. Aust. J. Biol, Sci, 23, 934-945.
- GAMBORG O., MILLER R. et OJIMA K., 1968 : Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Exp. Cell Res., 50, 151-158.
- GAUTHERET R.J., 1959 : La culture des tissus végétaux. Techniques et réalisations. Ed Masson, Paris, 863p.
- GENARD H., LE SAOS J., BILLARD J.P., TREMOLIERES A., GIBSON T.S., SPIERS J. and BRADY C.J., 1984 : Salt tolerance in plants. II. Invitrotranslation of m-RNAs from salt tolerance and Salt-sensitive plants on wheat germ ribosomes : response to ions and Compatible solutes. Plant, Cell. Environ., 7 : 579 –587.
- GEORGES S., 1987 : La culture horticole *in-vitro*. Rev. Atlas, Mars 1987 : 68 –71.
- GOULD A., 1986 : Factors controlling generation of variability *in-vitro*.In : Cell culture and somatic cell genetics of plants, vol. 3, Vasil I. (ed), Academic Press, 549 –567.
- GRAINGER A., 1983 : La désertification. La responsabilité de l'homme, les solutions possibles, les raisons de l'echec. Ed Jon Tuiker. Publ. I.I.E.D., Londres, 119p.
- GREGORY Y. et SAMATARAI B., 1950 : Factors concerned in the rootingreponses of isolated leaves. J., Exp. Bot, 1, 159-193.

- GREENWAY H. et MUNNS., 1980 : Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant physiol.* 31 : 149-190.
- GRILLOT G., 1953 : Le sel, l'eau et les cultures : problèmes pédologiques. *Soc. des sc. nat. et phys. du Maroc. Trvx de la section de pédologie.* T.6 et 7, 1953 : 1 –28.
- GUINOCHET M., 1954 : Reflexions sur l'état actuel de nos connaissances phytosociologiques en Afrique du Nord. *Vegetatio*, Vol.V-VI : 18-22.
- HAMZA M., 1980 : Réponses des végétaux à la salinité. *Physiol. Vég.*, 18 : 69-81.
- HANDA S., HANDA A.K., HASEGAWA P.M., and BRESSAN R.A., 1986 : Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *Plant physiol.*, 80, 938-945.
- HANSON A.D., RATHNASABAPATHI B., RIVOAL., BURNET M., DILON M.O. and GAGE D.A., 1994 : Osmoprotective compounds in the Plumbaginaceae : a natural experiment in Metabolic engineering of stress tolerance. *Proc. Natl Acad. Sci., USA*, 91,1,306-310.
- HANSON A.D., 1980 : Interpreting the metabolic responses of plantes. *Irrig Sci.*, 4 : 147 –151.
- HARTMANN T. et KESTER D.E., 1983 : Plant propagation principale and practices. Prentice Hall, IWC Engevod. CHIFFS. NJ. USA, 4, 727p.
- HIGAZY M., SHEHATA M. and LAM A., 1995 : Free proline relation to salinity tolerance of three sugar beet varieties. *Egypt J. Agric. Res.*, 73, 1, 175-191.
- HELLER R., 1953 : Recherche sur la nutrition minérale des tissus végétaux cultivés *in-vitro*. *Ann. Sci. Nat. Bot. Biol. Vég.*, 11 (14), 1- 223.
- HELLER R., 1985 : Physiologie végétale : Développement T.2. 3^{em} Ed. Masson, 135p.
- HELLER R., ESMAULT R., LANCE ., 2000 : Physiologie végétale : Développement T.2. 6^{em} Ed Dumod, 357p.
- HERNADEZ S., DELEU.C., LARHERE F., 2000 : Accumulation de proline dans les tissus foliaires de tomate en réponse à la salinité. *Académie des sciences. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS*, Paris 551-557.
- HU C.A.,DELAUNEY A.J. and VERMA D.P., 1992 : A bifunctional enzyme (delta1-pyrroline-carboxylatesynthetase) catalyse the first two steps in proline biosynthesis in plants. *Proc Natl Acad Sci USA*, 89 :19, 9354-9358.
- IBRAHIM R.K., 1983 : Production de substance chimiques spéciales par la culture *in-vitro* : conséquences et déviations métaboliques. *Rev . Can. Biol. Exp.* Vol. 42. N°1. 13-18.
- IGNACIUK B.Y.R. et LEE J.A., 1980 : Ther germignation from annual strand line species. *New phytol.* 84, 581-591.
- IROGOYEN J.J., EMERICH D.W. and SANCHEZ-DIAZ M., 1992 : Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa *Medicago sativa* plants. *Physiol. Plantarum*, 84, 55-60.
- JOLIVET Y., HAMELIN J., and LARHER F., 1983 : Osmoregulation in halophitic higer plants : the protective effects of glycine Betaine and other related solutes against the oxalate destabilization of Membranes in beet root cells. *Z pflanzenphysiol.* 109 : 171

–180.

- KAABACHE M., 1991 : Les groupements végétaux de la région de Bou Saada (Algérie) ; essai de synthèse sur la végétation steppique duMaghreb. Thèse, Doc, Sci, Université de Paris-Sud,(Orsay), 104p.
- KAFKAFI U., VALORS N. et LTEY J.,1982 : Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). J. Plant. Nutr., 5 : 1369 –1385.
- KAPLAN A. et GALE J., 1972 : Effect of sodium chloride salinity on the waterbalance of *Atriplex halimus*. Aust. J. Biol. Sci. 895-903.
- KATO H., TAKEUCHI M., 1966 : Embryogenesis from the epiderma cells of carrot hypocotyl. Sci. Papers College Gen. Educ. Univ ? of Tokyo 16, 245-254.
- KETCHUM R., WARREN R., KMIMA L., LOPEZ-GUTIERREZ F., and NARBORS M.W., 1991 : The mechanism and regulation of proline accumulation in suspension cultures of the halophytic grass *Distichlis spicata* L. J. Plant Physiol., 137, 368-374.
- KILLIAN C.H. et LEMEE G., 1948 : Etude sociologique, morphologique et écologique de quelques halophytes sahariennes. Revue générale de botanique. T. 55.
- KILLIAN C.H., 1951 : Observations sur la biologie d'un halophyte saharien, *Frankenia pulverulenta* L Travaux de l'inst. de rech. Sahariennes, Tome VII, 87-109. Univ. d'Alger.
- KILLIAN C.H., 1953 : La végétation autour du Chott Hodna, indicatrice des possibilités culturales et son milieu édaphique. Ann. Inst. Agri. Et des serv. de rech. et d'exper.agri. de l'Algérie.Tome VII. Fasc.5. 78p.
- KINET J.M., BENREBIHA F., BOUZID S., LAILHACAR S., DUTUIT P., 1998 : Le réseau *Atriplex*, Allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semi-arides. Cahiers de l'agriculture, 7, 505-509.
- KOLLER D., TADMOR N.H. et HILLEL D., 1958 : Experiments in the propagation of *Atriplex halimus* for desert pasture avid soil conservation. Agricultural research station vol 9 n°2.
- KOTT L.S. KASHAK J.,1984 : Initiation and morphological développement of somatic embryoides from barley cell cultures. Ed : Taylor A. Steeves. Journal canadien de botanique Vol.62. n°6. 1245- 1248.
- LANGDALE G.W., THOMAS J.R., 1971 : Soil salinity effects in absorption of nitrogen, phosphorus, and protein synthesis by coastal bermuda grass.Agron. J. 63, 708-711.
- LARHER F., GOAS M., GOAS G., 1970 : Métabolisme azote des halophytes, utilisation de l'acide glutamique C¹⁴ par les rameaux de *Limonium vulgare* Mills. C.R. Acad. Sc., série B, 271., 1880-1883.
- LEBRUN L., 1986 : Etude de l'embryogenèse somatique *in-vitro* chez la vigne(*vitis sp.*) et application à la selection de plantes tolerant de fortesconcentrations en chlorure de sodium. Thèse, Doc, Sci, université de Paris-sud (Orsay).
- LEFLOCH E., 1989 : Plantation d'arbustes fourragers. Bilan de 30 ans de pastoralisme. RAB / 84 / 025 FAO. 204p.
- LEHOUEIROU H.N., CLAUDIN J., HEYWOOD M. et DONADIEU J., 1975 : Etudes des ressources naturelles, expérimentations et démonstrations Agricoles dans la région

- du Hodna/Algérie. Etude phytoécologique. Vol. 1. AGS :DP/ALG/66/509. Rapport technique 3. FAO, Rome 1975.
- LE HOUEROU H.N., CLAUDIN S., et POUGET M., 1979 : Etude bioclimatique des steppes algériennes. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 8, 2-4, 33-74.
- LE HOUEROU H.N. et PONTANIER R, 1988 : Les plantations sylvopastorales dans la zone aride de Tunisie. Extrait de la rev, Past, et Dev., 24 Mai au 9 Juillet 1988, Montpellier.
- LE HOUEROU H.N., 1992 : The role of salt bushes (*Atriplex ssp.*) in arid rehabilitation in the mediterranean bassin. Review Agroforestry Systems, 18, 107-148.
- LESAINT A.M., 1960 : Etudes des variations comparées des acides aminés libres et des glucides solubles au cours de l'acquisition et la perte de l'aptitude à résister au gel chez le chou de Milan. C. R. Acad. Sci., 269, 1423-1426.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., and CASSE- DELBART F., 1995 : Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures, 4, 263-273.
- LEVITT J., 1982 : Reponse of plants to environmental stress. Academic press, New York, Toronto, Vol. 2, 607p.
- LUTZ A., 1969 : Etude des aptitudes morphogénétiques des cultures de tissus. Analyse par la méthode des clones unicellulaires. Rev. Gén. Bot., 76, 309-359.
- LUTZ A., 1985 : L'expression de la variabilité morphogénétique après régénération dans les cultures de tissus et de cellules. Bull. Soc. Bot. Fr. 132 : 35 –50.
- MARGARA J., 1989 : Bases de la multiplication végétative. INRA , 262p.
- MAIRE R., 1962 : Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie Tripolitaine, Cyrénaïque et sahara). Vol III p 57-93.
- MATHUR A.K., GANAPATHY P.S., JOHRI B.M., 1980 : Isolation of sodium chloride tolerant plantlets of *Kickxia ramosissima* under In-vitro conditions Z. Pflanzenphysiol., 99 , 287-294.
- MAZLIAK P., 1981 : Physiologie végétale. Nutrition et métabolisme. Ed Harman, Paris, 349p.
- McHUGEN A., SWARTZ M., 1984 : A tissue-culture derived salt tolerant line of flax (*Linum usitatissimum*). J. Plant physiol., 117, 109-117.
- MEINS F., 1983 : Heritable variation in plant cell culture. Ann. Rev. Plant physiol, 34, 327-346.
- MONCOUSIN F., 1982 : Contribution à la caractérisation biochimique et physiologique de la phase Juvénile de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) au cours de sa multiplication végétative conforme et accélérée en culture *in-vitro*. Thèse de Docteur Ing. Université de Paris-Sud (Orsay), 202p.
- MONNEVEUX P. et THIS D., 1997 : La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la Sécheresse : espoir et difficultés. Ed. INRA., N° 1, Vol. 8, 163 –171. Montpellier 1, France.
- MOREL G. et WETMORE R.H., 1951 : Fern callus tissue culture. Am. J. Bot ., 38, 141-143.

- MOZAFAR A. et GOODIN J.R., 1970 : Vesiculated hairs : a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. Plant physiol 45, 62-65.
- MUNNS R., et TERMAAT A., 1986 : Plant responses to salinity. Aust. J. Plant physiol., 13, 143 –160.
- MURASHIGE T. et SKOOG F., 1962 : A revised medium for rapid growth and bioassays with tabacco tissue culture. Physiol. Plant., 15, 473-497.
- NARBORS M., GIBBS S., MEIS B et M, 1980 : Tolerant tobacco plant from cultured cells. Z. Pflanzenphysiol., 97 : 13-17.
- NEGRE R., 1961 : Petite flore des régions arides du Maroc occidental. Ed C.N.R.S., Tome I, Paris, 179p.
- NEMMAR M., 1983 : Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum Durum desf*) et le blé tendre (*triticum destivum*) évolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement. Agronomie, 6(5), 583-590.
- NOVAK F.J., KONECMA D., 1982 : Somatique embryogenesis in callus and suspension culture of alfalfa (*Medicago satva* L.). Zeixhrift für pflanzen physiologie, 105, 279-284.
- NOVIKOF G., 1957 : Les associations halophiles de la Tunisie et leur mise en valeur. Ann. Serv. Bot. Agron. Vol. 30, 171-179.
- NOZERAN R., 1985 : L'expression de la variabilité dans les cultures d'organes. Bull. Soc. Fr. 132 : 11-22
- PAQUIN R., 1977 : Effet de basses température sur la résistance au gel de la luzerne et son contenu en proline libre. Physiol végét. 115, 14, 657-665.
- PASSIOURA J.B., 1981 : Water collection by roots. In : the physiology and biochemistry of drought resistance in plants. I.G. Palegg and Aspinall ed. New york academic press , 39 –53.
- PIATTI M.F., 1990 : Embryogenèse et synchronisation du développement embryonnaire. Thèse de Doctorat de pharmacie, Paris XI, 130p.
- PONTANIER R., LEHOUEIROU H.N., 1988 : Les plantation sylvopastorales dans la zone aride de Tunisie. Extrait de la revue pastorale et développement, 24 Mai au 9 Juillet, Montpellier.
- POUGET M., 1971 : Etude agro-pédologique du bassin du Zahrez gharbi (feuille du Rocher de sel). R.A.D.P. Secrétariat d'état à l'hydraulique. Alger.
- POUGET M., 1980 : Les relation sol-végétation dans les steppes sud- algeroises (Algérie). Thèse. Univ. Aix- Marseille III. Cah de l'O.R.S.T.O.M.
- POURRAT Y. and DUTUIT P., 1993 : Effects of the sodium and calcium concentrations on the *in-vitro* growth of *Atriplex halimus* L. plantlets. J. Plant., Nutrition, 16(8), 1417-1429.
- QUEZEL P., 1954 : Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. Travaux Inst. Rech. Sah. Monographie régionale 2, 164p., 10pl., Univ. Alger.
- QUEZEL P., 1957 : Les groupements végétaux du massif de la Tefedest (Hoggar). Travaux Inst. Rech. Sah. Univ. Alger. T. 15-16 (1957), 43 –57.
- QUEZEL P. et SANTA S., 1962 : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed C.N.R.S., Paris, 2 tomes.

- RAGHVAN V., 1997 : Molecular embryology of flowering plants. Ed. Cambridge University press New- York, U.S.A, 1028p.
- RHISS A., et BEAUCHESNE G., 1979 : Multiplication végétative, culture *in-vitro* du palmier dattier (*Phoenix dactylefera* L.). C.R . Acad, Paris, Vol 195, 113- 119.
- RODIN L., VINOGRADOV B., MIROCHNICHENKO Y., PELT M., KALENOV H. et BOTSCHANTSEV V., 1970 : Etude géobotanique des pâturage du secteur ouest du département de Médéa (Algérie).2 cartes couleurs, 123p.
- ROLAND A., 1984 : La culture *in-vitro*, la nouvelle botanique.Sc et Vie, n°146 Mars, 50p.
- RUDOLPH A.S., COWE J.H. and CROWE L.M., 1986 : Effect of three stabilizing agents , proline, betaine and trehalose, on membrane Phospholipids Arch. Biochem., 245, 134-143.
- SHABALA S., NEWMAN I., 2000 : Salinity effectson the activity of plasma membrane H⁺ and Ca²⁺ transporters in bean leaf mesophyll : Maskingrole of the cell wall. Annals of botany, 85 : 681-686.
- SHARMA DR., DAWRA S., CHOWDRY JB., 1984 : Somatic embryogenesis and plant regeneration in date palm through tissue Culture. Ind Jour of Exp Biology, 22 : 596 –598.
- SAKA H., ABED F., AMARA B., KERMICHE A., 1997 : Embryogenèse somatique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), Induction de la callogénèse à partir d’organes de rejets de quelques culyivars. Recherche Agronomique, INRA, Alger, Rev., semest., n°0, 1-17.
- SANKARY M.N. et BARBOUR M.F., 1972 : Autoécologyof *Atriplex polycarpa* from califonia.Ecology. 53, n°6, 11, 55-1162.
- SANTORO M.M., LIU Y., KHAN S.M.A., HOU L.X. and BOLEN D.W., 1992 : Increased thermal stability of proteins in the presence of naturally occurring osmolytes. Biochemistry, 31, 5278-5283.
- SARSON M., 1970 : Résultats d’un essai sur l’alimentation du mouton en période de disette fourragère au centre d’Ousseltia Note technique n°6 PEDAEF-FAO-TUN, 17p.
- SCRIBAN R., 1999 : Biotechnologie. 5em édition, Ed Technique et documentation, 1017p.
- SHARMA M., 1976 : Interaction of water potential temperature effects on germination of the semi-aride plant species. Agron. JOURNAL, 68, March-April.
- SHARP P.W.R., 1980 : The physiology of in-vitro asexual embryogeneses. Horticultural reviews ,268-310.
- SIHACMAKR D., CAVALCANTE J.M., TIZROUTINE S., ALLOT M., MUSSIO I., SERVAES D., NZOGHE D., DUCREUX G., 1995 : Embryogenèse somatique chez la patate (*pomea batatas* L) caractérisation et régénération des plantes. Ed. John libbey Eurotexte Montrouge France 647p.
- SIMONNEAU P., 1961 : Essai sur la végétation halophile. Colloque : Les problèmes de la salinité dans les régions arides. U.N.E.S.C.O., Téhéran : 135 –138.
- SINGH T.B., PALLEG G., ASPINAL D., 1973 : Stress metabolism III. variation in response to water deficit in the barley Plant. Aust. J. Bot. Sci. 65-75.

- SLAMA F., 1982 : Effet de NaCl sur la croissance et la nutrition minérale espèces de plantes Cultivées. Thèse de Doct. Es Sci., Tunis, 214p.
- SLAMA F., 1987 : Recherche sur les causes de l'exclusion du sodium des feuilles des plantes sensibles au NaCl. Agronomie, 6 (8), 517-521.
- SOLTANI A., HADJI M., GRIGNON C., 1990 : Recherche de facteurs limitants la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. Agronomie, 10, 857-866.
- SPRINGFIELD H.W., 1966 : Germination of fourwing soltbush seed at different levels of moisture stress. Agron., Journal, 58 , March-April.
- STEWART C.R., 1972 : Effects of proline and carboxydrates on the métabolisme of exogenous proline by exised bean leaves in the dark. Pl. Physiology ;, 50 : 551 –555.
- STEWART C.R. and LEE J.A., 1974 : The rôle of proline levets of plants their relation of NaCl. Plant Sci., 4, 161-168.
- STEWART G.R., and LARHER F., 1980 : Accumulation of amino acids and related compounds in relation to Environmental stress. The biochemistry of plants, vol.5, Academic Press, 609-635.
- STEWART C.R., 1981 : Proline accumulation :biochemical aspects. Physiolygy and biochemistry of drought resistance in plants, Academic Press, Sydney, 243-259.
- TAYLOR C.R., 1996 : Proline and water deficit, downs and Outs. The Plant Cell., 8, 1221-1224.
- TERRENCE E.R. and UNGAR I.A., 1983 : Growth, water potential and ion accumulation in the inhand halophyte *Atriplex Triangularis* under saline fiel conditions. Acta oecologia-oecol plant, 4,18.
- THUAULT R., 1984 : Culture d'organes et rhizogenèse de deux halophytes : *Atriplex arenaria*W. et *Atriplex littoralis* L. Thèse de doct. 3^e cycle, Caen, 194p
- TISSERAT B., 1979 : Somatic embryogenesis in angiosperms. Horticol Reviews, 1, 1-78.
- TORRES B.C., BINGHAM F.T., 1973 : Salt tolerance of Mexican wheat, effct of No3 and NaCl on mineral nutrition, growth and grain production of four weats. Soil, Sci soc, Am. Pro. 711-715.
- TOURTE Y., 1998 : Génie génétique et biologie : conceptet méthodes, application à l'agronomie et aux industries. Ed Dunod, Paris, 209p.
- TRIPATHI B.K., GAUTHERET R., 1969 : Action des sels minéraux sur la rhizogenèse de fragments de rhizomes de Quelques variétés de Topinambour.C. R. Acad. Sc., Paris, 268, 523 –526.
- TRIPATHI B.K., 1971 : Etude de la nutrition minérale et la néoformation de racines par les tissus de Topinambour cultivés in-vitro. Coll. Int. C.N.R.S., 193, 201 –208.
- TWITCHELL L.T., 1955 : Germination of fourwing saltush seed as effected by soaking and chloride renoval. J. range manage, 8, 218-220.
- VIANA M., 1997 : Recent advances in biotechnology for tree conservation and mangement. Ed., I. F.S., Brasil, 251p.
- VENKAMP J.H. and KOOT J.T.M., 1988 : The source of free proline an Asparagine in field bean plants *Vicia faba*during and after a short period of water with holding. J.

- Plant physiol, 132, 102-109.
- WHITE P.R., 1943 : A handbook of plants tissue culture. Lancaster Pa., J. Cattell.
- WINICOV I., 1998 : New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. Annals of botany, U.S.A. Vol.82, n°6, 703-710.
- WYN JONES R.G., STOREY R., LEIGH R.A., AHMED N. and POLLARD A., 1977 : Hypothesis on cytoplasmic osmoregulation. In "Regulation of cell membrane Activities in plants". Elsevier, Amsterdam, 121-136.
- YANCEY P.H., 1994 : Compatible and counteracting solutes. In " Cellular and molecular physiology of cell volume regulation". CRC Press, Boca Raton, 81-109.
- YOSHIBA Y., KIYOSUE T., NAKASHIMA K., YAMAGUCHI-SHINOZAKI K. and SHINOZAKI K., 1997 : Regulation of levels of proline as an osmolyte in plants under water stress. Plant Cell Physiol., 38, 10, 1095 –1102.
- YOUSSEF A.N., SPRINT I., 1983 : Effect of NaCl on growth, nitrogene incorporation and chemical composition of Inoculated and NH₄ NO₃ fertilised *Vicia faba* L. Plants J exp. Bot, 34, 941-650.
- ZIAD A., et TISSERAT B., 1983 : Morphogenetic responses obtained from a variety of somatic tissues of date Palms. Bot Mag. Toky., n°96, 67-73.
- ZID E. et BOUKHRIS M., 1977 : Quelques aspects de la tolérance de l'*Atriplex halimus* L. au chlorure de sodium. Multiplication, croissance, composition minérale. Oecol. Plant. 12 (14), 351-362.
- ZRYD J.R., BRETTELL R., DERREUDRE J., DUHOUX .E., GASPAR T., GAZEAU C.M., HOLSTERS M., JACOBS M., MONNIER M., NEGRUTIU I., PASZKOWSKI J., PELLETIER G., POTRYKUS I., SAUL M.W., SHILITO R.D., VAN DEN EeDE D., VERNADE D., 1988 : Cultures de cellules, tissus et organes végétaux, les fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses polytechniques romandes, 308p.

Annexe

MACRO-ELEMENTS (MURASCHIGE et SKOOG) en mg/l.

- NH ₄ NO ₃ - KNO ₃ - CaCl ₂ ·2H ₂ O - MgSO ₄ ·7H ₂ O - KH ₂ PO ₄	1650 1900 440 370 170
--	-----------------------

MACRO-ELEMENTS (GAMBORG) en mg/l.

- KNO ₃ - CaCl ₂ ·2H ₂ O - MgSO ₄ · 7H ₂ O - NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O - (NH ₄) ₂ SO ₄	3000 150 500 150 134
---	----------------------

MACRO-ELEMENTS (HELLER)

- NaNO ₃ - CaCl ₂ ·2H ₂ O - MgSO ₄ ·7H ₂ O - NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O - KCL	600 75 250 125 750
---	--------------------

MACRO-ELEMENTS (GAUTHERET)

- KNO ₃ - Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O -	125 500 125 125
---	-----------------

MgSO₄·7H₂O - KH₂PO₄	
--	--

MACRO-ELEMENTS (WHITE)

- Ca(NO ₃) ₂ - KNO ₃ - CaCl ₂ , 2H ₂ O - Na ₂ SO ₄ - NaH ₂ PO ₄ - KCL	200 80 440 200 16,5 65
---	------------------------

MICRO-ELEMENTS (MURACHIGE et SKOOG)

- H ₃ BO ₃ - MnSO ₄ ·4H ₂ O - ZnSO ₄ ·7H ₂ O - KI - Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O - CuSO ₄ ·5H ₂ O - CoCl ₂ · 7H ₂ O	6,2 22,3 8,6 0,83 0,25 0,025 0,025
--	------------------------------------

PRODUITS ORGANIQUES

Vitamines (Morel) : - Panthoténate de calcium - Méso-inositol - Biotine - Acide nicotinique - Pyridoxine (vitamine B ₆) - Thiamine (vitamine B ₁) Saccharose Agar-agar	50 5 000 0,5 50 50 20 000 8 000
	= 5,8

Fer EDTA

- Na ₂ EDTA - FeSO ₄ ·7H ₂ O	37,3 27,8
---	-----------