



MICROFICHE N°

09156

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 1

République Tunisienne
Ministère de l'Agriculture
I. R. E. S. A.
C. R. G. R.

S. E. R. S. T
O. N. A. S
G. T. Z

الأيام العلمية لمركز البحوث في الهندسة الريفية

Les actes des premières
journées scientifiques du C. R. G. R.

استعمال المياه المالحة والمعالجة في الفلاحة

UTILISATION DES EAUX SALEES ET USEES EN AGRICULTURE

نابل 27 - 28 سبتمبر 1994



Novembre 1995

SOMMAIRE

UTILISATION DES EAUX SALEES EN AGRICULTURE

Présidents : MM. A. CHERIF, M. A. HAMDANE
Rapporteurs : Mme M. TRAD, M. Z. CHAABOUNI

Conférence plénière

A. HAMDANE et A. AYADI : Utilisation des eaux salées en Tunisie

Communications

* OUARITI O. et GHORBEL M. H. : Effet du NaCl et de la transpiration sur l'absorption de NO_3 et sur l'activité nitrate reductase chez le haricot. 9153

* BOUNAQBA S. et ZID E. : Effet de la salinité sur la germination, la croissance et la nutrition minérale du triticale. 9154

* LACHAAL M., ABDELLEY C., SOLTANI A., HAJI M. et GRIGNON C. : Tolérance au sel de la lentille en plein champ. 9155

* ABDELLEY C., LACHAAL M., SOLTANI A., HAJI M. et GRIGNON C. : 9156

Adaptation de medicago aux sols sales.

* GHARSALLI M., HAJI M. et GRIGNON C. : Effet de NaCl dans le milieu de culture sur l'acidification racinaire induite par la déficience en fer chez le tournesol. 9157

* BOUTITI R. : Utilisation des eaux salées en agriculture. 9158

* HACHICHA M., JOB J.O. et MTIMET A. : Application de la conductivimétrie électromagnétique au suivi de la salinisation dans les périmètres irrigués de Tunisie. 9159

* BOUKSILA F., HACHICHA M. ET MHIRI A. : Variabilité des propriétés des sols du primère de Kalaat Landelous et risques de salinisation. 9160

* SAIED A. : Utilisation des eaux saumâtres du sud dans l'irrigation des oasis de Gabès. 9161

* SOU'ISSI A. : Pompage à partir des nappes souterraines. 9162

* CHAABOUNI Z. : L'utilisation des eaux saumâtres en irrigation et l'économie de l'eau. 9163

* BOUAZIZ E. : Comportement de quelques cultures annuelles et arbustives irriguées à l'eau saumâtre. 9164

* ACHOURI M., REJEB M. N. et BIZID E. : Evaluation de quelques caractéristiques physiques des capsules des grains et des fibres de quatre variétés de coton au cours de leur développement. 9165

**UTILISATION DES EAUX USEES
TRAITEES EN AGRICULTURE**

Présidents : M.N. BOUKHRIS, B. HENCHI, A. AYADI
Rapporteurs : R. BOUTITI, Z. ALOUINI.

Conférence plénière

BAHRI A. : La réutilisation des eaux usées-Quelques éléments de réflexion. 5166

Communications

* MEZGHANI I., CHAIEB M. ET BOUKRIS M. : Effets des eaux usées traitées sur le comportement phénologique et hydrique du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) 9107

* BIZID E., HAJJI M., SLAMA F. et GRIGNON C. : Effets des eaux usées traitées sur la productivité et la nutrition de quelques plantes cultivées. 9108

* AL ALAMI A., GHORBEL M.H., EL FERJANI E. et REJEB S. : Réponses de la tomate aux effets de différentes doses de cadmium dans le milieu. 9109

* REJEB S. : Effet de l'irrigation par aspersion sur le rendement et la qualité chimique d'une culture fourragère et d'une culture industrielle.

* ALOUINI Z. : Efficacité relative des procédés de traitement dans l'élimination de la charge parasitaire des eaux usées. 9110

* GHRABI A. : Traitement des eaux usées urbaines en vue de la réutilisation agricole.

* REKAYA M. : Un moyen de retarder la salinisation poussée des aquifères phréatiques.

TRAD RAIS M. : Impact de la recharge artificielle par les eaux usées traitées sur la qualité microbiologique des eaux de la nappe. 9111

* ZAIRI A. et LESAVRE J. : Epannage souterrain sous pression-Conception et évaluation d'une filière de traitement. 9112

9156

LES PREMIERES JOURNEES SCIENTIFIQUES DU C.R.G.R
ADAPTATION DE MEDICAGO AUX SOLS SALES

C. ABDELLY*, M. LACHAAL*, A. SOLTANT*, M. HAJJI**, C. GRIGNON***

(1*) Nutrition Minérale, Unité de Biotechnologie Végétale et de Ressources Génétiques, INRST, BP 95, 2050, Hammam-Lif, TUNISIE.

(**) Faculté des sciences de Tunis, Campus Universitaire, 1060 Le Belvédère, TUNISIE.

(***) Laboratoire de biochimie et Physiologie Végétales, ENSA, 34060, Montpellier Cedex, FRANCE.

RÉSUMÉ

Pour identifier les traits physiologiques qui confèrent aux *Medicago* l'aptitude à coloniser les régions salées, deux séries d'expériences ont été faites sur quatre espèces originaires d'une bordure de sebkha de la région d'Enfidha. Dans la première, les plantes sont cultivées pendant trois semaines sur solution nutritive avec ou sans NaCl (0 à 200 mM). Dans la seconde, les cultures sont conduites, jusqu'à la maturation des fruits, dans des pots de terre cuite remplis d'un sol ayant un niveau de fertilité voisin de celui de la station où ont été prélevées les graines. Les plantes sont irriguées, une à deux fois par semaine, avec une eau de ville contenant les mêmes doses de sel que la solution nutritive.

Aux premiers stades de développement, NaCl, à partir de 100 mM, restreint la production de MS, chez les quatre espèces. Cet effet est plus en relation avec la baisse de l'efficacité d'assimilation nette qu'avec la réduction de la surface foliaire. Le sel limite également l'absorption de K^+ et de Ca^{2+} mais non celle de NO_3^- et de $H_2PO_4^-$. Néanmoins chez les espèces qui maintiennent une production de MS relativement élevée (*M. ciliaris* et *M. polymorpha*), cette baisse de la performance des systèmes d'absorption est en partie compensée par une meilleure efficacité d'utilisation de ces deux nutriments, notamment pour la croissance des feuilles.

Au stade de la reproduction, le sel diminue spécifiquement la production des organes reproducteurs : 1 g de biomasse des parties aériennes à la floraison produit 2 à 10 fois moins de graines chez les plantes soumises au stress salin. Le poids individuel des graines ainsi que leur viabilité sont, par contre, très faiblement affectés.

En dépit de leur origine (bordure de sebkha), les *Medicago* étudiés se sont révélés relativement sensibles à la salinité : ils présentent des caractères évidents de glycophytes. L'étude présente, néanmoins, quelques critères physiologiques qui peuvent être utilisés pour identifier les espèces qui présentent une bonne aptitude à peupler les zones à salinité modérée.

INTRODUCTION

La salinité limite la production agricole (Boyer, 1982; Hasagawa et al., 1986). Elle affecte plus de 950 millions d'hectares, l'équivalent de trois fois la superficie des terres cultivées (Epstein, 1980; Epstein et al., 1980). Dans les régions semi-arides, les facteurs naturels (température, sécheresse et pauvreté des sols) accentuent davantage ce phénomène (Mass et Hoffman, 1977; Epstein, 1980). Ainsi près de 15 millions d'hectares sont affectés par la salinité dans le Maghreb et Moyen Orient (Le Houérou, 1986), dont environ 1/6 sont occupés par des chotts et sebkhas colonisés par des halophytes. Ces plantes à feuilles succulentes ne représentent pas une ressource

pastorale réelle, tout au moins pour les ovins, probablement parce qu'elles sont très chargées en sel. Par exemple, dans les parties aériennes de l'*Halocnemum strobilaceum*, qui colonise les zones les plus salées (plus de 60 mS.cm⁻¹), la charge ionique est excessive, et qualitativement déséquilibrée : NaCl représente 15 à 30 % de la matière sèche (MS), et K⁺ seulement 1 % (Smiti 1987), ce qui correspond à une concentration ionique moyenne dans l'eau des tissus de 1,5 à 3 M. A titre de comparaison, les luzernes contiennent 10 fois moins de NaCl, mais 4 à 5 fois plus de K⁺, et la concentration ionique globale y reste de l'ordre de 0,4 M (Abdelly 1992).

Dans le cas des périphéries de sebkhas, où le niveau de salinité varie fortement suivant les horizons, les halophytes cohabitent avec diverses annuelles, qui sont bien appréciées par le bétail. En bordure de la sebkha d'Enfidha (étage bioclimatique semi aride inférieur à hiver doux), ces plantes annuelles composées essentiellement de *Medicago* peuvent produire jusqu'à 40 % de la production primaire de l'écosystème. La part des prélèvements en N, P, K qui revient à ces plantes est également importante (Abdelly, 1993). Dans le but de préciser les traits physiologiques qui permettent à ces plantes de coloniser les bordures des sebkhas, nous les avons soumises, dans des conditions contrôlées, aux stress caractéristiques de leur biotope. Nous présentons dans cette étude leur réaction à la contrainte saline.

MATERIEL ET METHODES

Conduite des cultures

Les expériences ont porté sur 4 espèces de *Medicago*, *M. ciliaris*, *M. polymorpha*, *M. truncatula* et *M. minima*. Les plantes sont cultivées, jusqu'à la maturation des fruits, dans des pots de terre cuite remplis d'un sol ayant un niveau de fertilité voisin de celui de la station où ont été prélevées les graines. Les plantes sont irriguées, une à deux fois par semaine, avec une eau de ville additionnée de 0,6 ou 9 g.l⁻¹ de NaCl. Les cultures sont conduites sous serre vitrée, la température et l'humidité relative sont en moyenne de 26°C et 50 % le jour et 20°C et 70 % la nuit. Deux récoltes sont faites. La première, au début de la floraison, correspond à la production maximale de matière sèche. La seconde, à la maturation des fruits, permet d'estimer le rendement en graines. D'autres expériences ont porté sur des plantes cultivées en milieu hydroponique sur une solution de base de Long Ashton modifiée (Hamza, 1977). Après 3 semaines, une partie des plantes est transférée sur milieux additionnés de NaCl (6 ou 12 g.l⁻¹). La récolte a lieu 3 semaines plus tard.

Mesures

Les masses de matière sèche (MS) sont mesurées après 48 h à l'étuve à 80°C. La croissance moyenne relative (CMR) entre deux prélèvements à t₁ et t₂ est calculée par :

$$CMR = (MS_2 - MS_1) / MS_1 (t_2 - t_1)$$

avec $MS = (MS_2 - MS_1) / \ln(MS_2 / MS_1)$ (moyenne logarithmique) (Hunt, 1990). Les surfaces foliaires sont mesurées par découpage et pesée des images des feuilles photocopiées. L'indice de surface foliaire ISF est la surface foliaire par plante ramenée à la biomasse des feuilles (cm².g⁻¹MS). L'efficacité d'assimilation photosynthétique nette EAN est obtenue en ramenant la vitesse moyenne de production de matière sèche entre t₁ et t₂ à la surface foliaire moyenne sur cet intervalle :

$$EAN = (MS_2 - MS_1) / SF (t_2 - t_1)$$

où $SF = (SF_2 - SF_1) / \ln(SF_2 / SF_1)$.

Les dosages de Na⁺, K⁺, Ca²⁺ sont faits sur des échantillons d'organes réduits en poudre fine en émission de flamme (Eppendorf) sur le produit d'une extraction à HCl 0,5 %. L'azote réduit a été déterminé selon la méthode de Kjeldahl.

RESULTATS ET DISCUSSION

Croissance

Les mesures de croissance (production de MS et surface foliaire) sont faites juste avant la floraison, au bout de 25 jours de traitement par NaCl. Pour une espèce donnée, la quantité de matière sèche déterminée à la récolte finale dépend aussi bien de la vigueur des plantes au moment de l'addition du sel que de l'activité de croissance pendant le traitement. La croissance moyenne relative (CMR), qui exprime la production de biomasse par g de MS, permet d'isoler le second facteur en évaluant l'importance du ralentissement de l'activité de croissance sous l'effet du sel (Fig. 1). L'irrigation avec la solution T6 ne restreint pas la production de MS chez *M. ciliaris*, elle l'inhibe de 20 % chez *M. minima*, et elle a un effet intermédiaire chez les deux autres médics. Avec la solution T9, *M. ciliaris* est la plus affectée, et c'est *M. polymorpha* qui résiste le mieux.

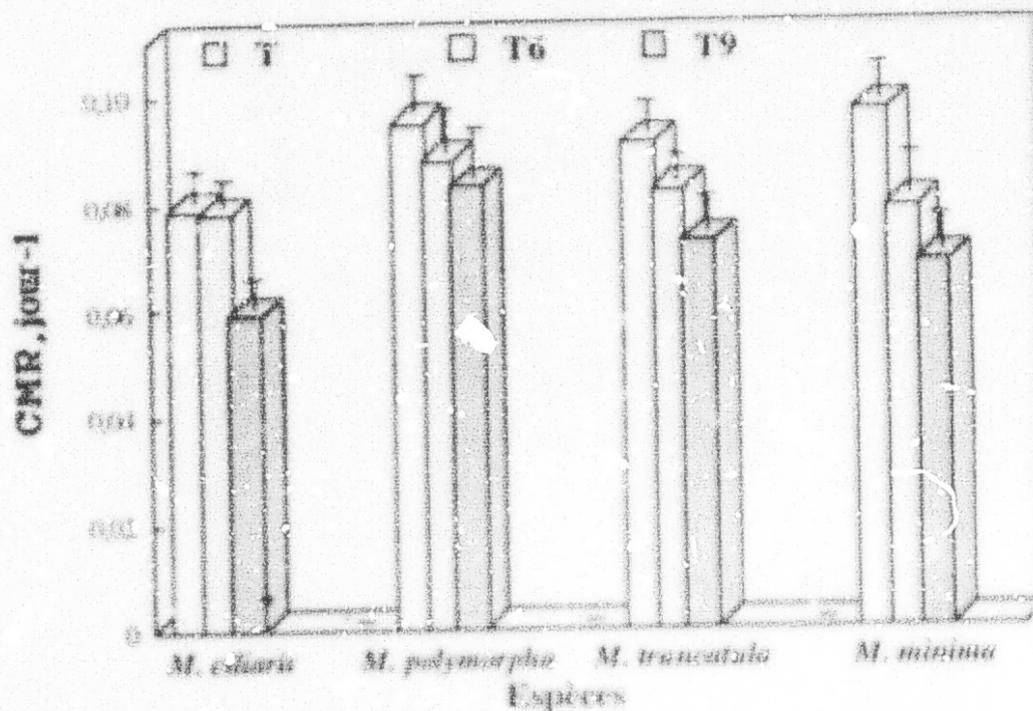


Figure 1 - Effets de NaCl sur la croissance. Les plantes sont cultivées en pots, irriguées avec les solutions T, T6 et T9. CMR désigne la croissance moyenne relative (g MS produits par jour par 1 g de MS)

La réduction de la production de MS correspondant à une diminution du nombre des feuilles par plante, de la surface foliaire et vraisemblablement de l'activité photosynthétique. Pour identifier le facteur le plus impliqué dans ce phénomène, nous avons calculé l'efficacité d'assimilation (photosynthétique) nette (EAN) et l'indice de surface foliaire (ISF). L'EAN est la vitesse de production de biomasse par cm^2 de feuilles, et l'ISF est la surface foliaire associée à 1g MS totale de plante. La CMR correspond généralement au produit de ces deux paramètres (Hunt, 1990). La CMR est raisonnablement corrélée positivement avec l'EAN sur milieu témoin comme en présence de NaCl. Par contre, elle est faiblement corrélée négativement avec l'ISF, surtout en présence de NaCl (Fig. 2, exemple de *M. polymorpha* et *M. ciliaris*, résultats valables pour les deux autres espèces). Par ailleurs, la corrélation entre la CMR et l'EAN est plus forte chez les plantes cultivées en présence de NaCl que chez les plantes cultivées sur milieu témoin. En effet pour une espèce donnée le coefficient de corrélation de la CMR avec l'EAN est plus élevé en présence de NaCl ($r^2 = 0,89; 0,80; 0,78; 0,31$ respectivement pour *M. polymorpha*; *M. ciliaris*; *M. truncatula*; *M. minima*) qu'en son absence ($r^2 = 0,78; 0,39; 0,44; 0,16$). En résumé,

cette analyse montre que les réductions des valeurs de la CMR en conditions de salinité sont attribuables à une diminution de l'efficacité du fonctionnement de la photosynthèse plutôt qu'à une restriction de la surface foliaire.

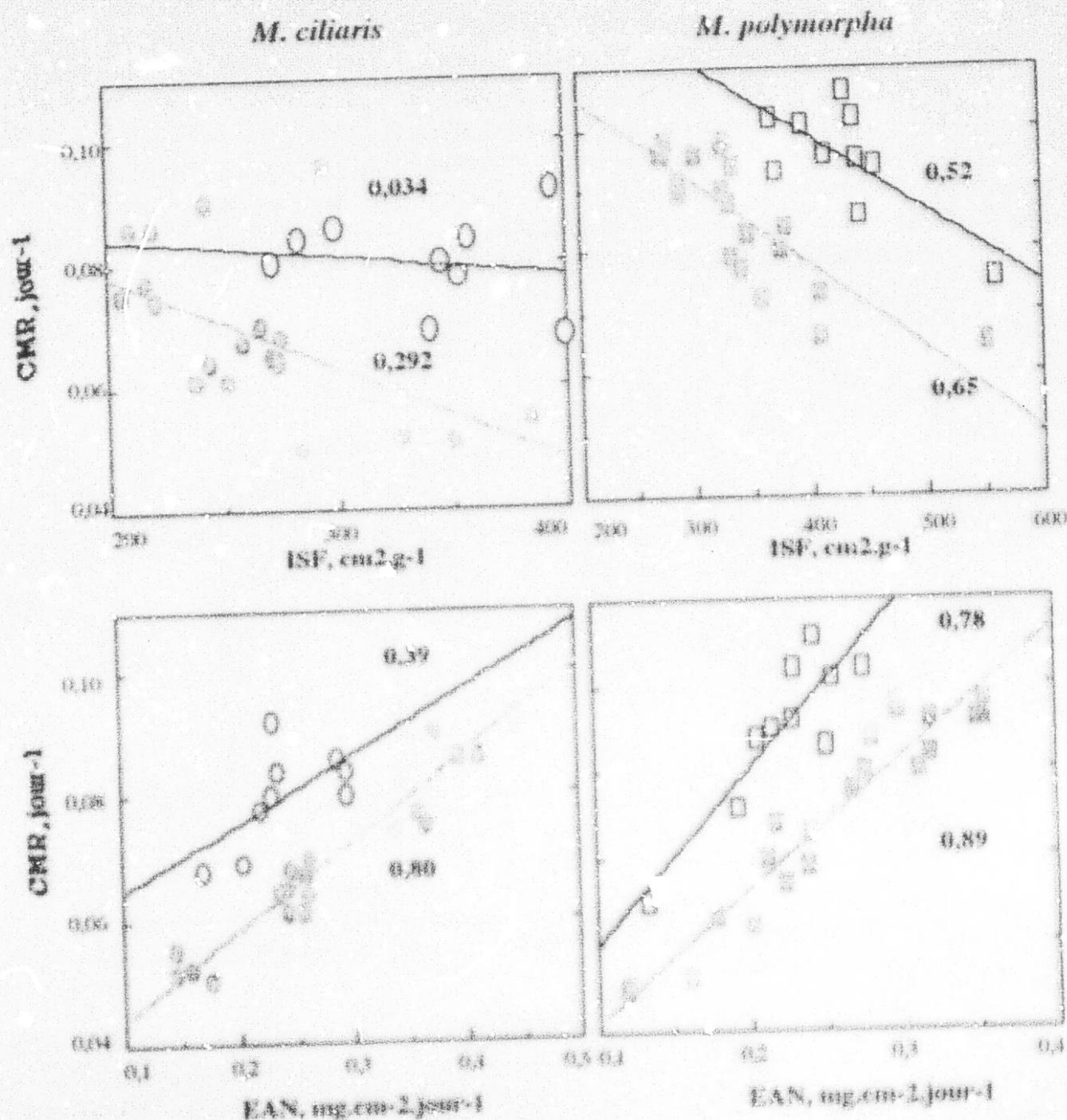


Figure 2 - Relation entre la croissance et la surface foliaire. Les plantes sont cultivées en pots irrigués avec une solution T (symboles ouverts) ou des solutions T6 ou T9 (symboles noirs). Les nombres sont les coefficients de corrélation associés aux droites de régression linéaire. A gauche *M. ciliaris*, à droite *M. polymorpha*. CMR : croissance moyenne relative; ISF : indice de surface foliaire, EAN : efficacité d'assimilation nette.

Accumulation de Na^+

Le sodium est fortement accumulé dans tous les organes des quatre *Medicago* cultivées en milieu hydroponique en présence de NaCl . Les teneurs atteintes dans les parties aériennes sont de l'ordre de 1 à 2 $\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ MS sur les milieux contenant NaCl 6 et 12 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (100 et 200 mM).

(Fig. 3). Ces valeurs sont 4 à 8 fois supérieures à celles que l'on observe chez les mêmes plantes récoltées dans leurs milieux naturels (non montré).

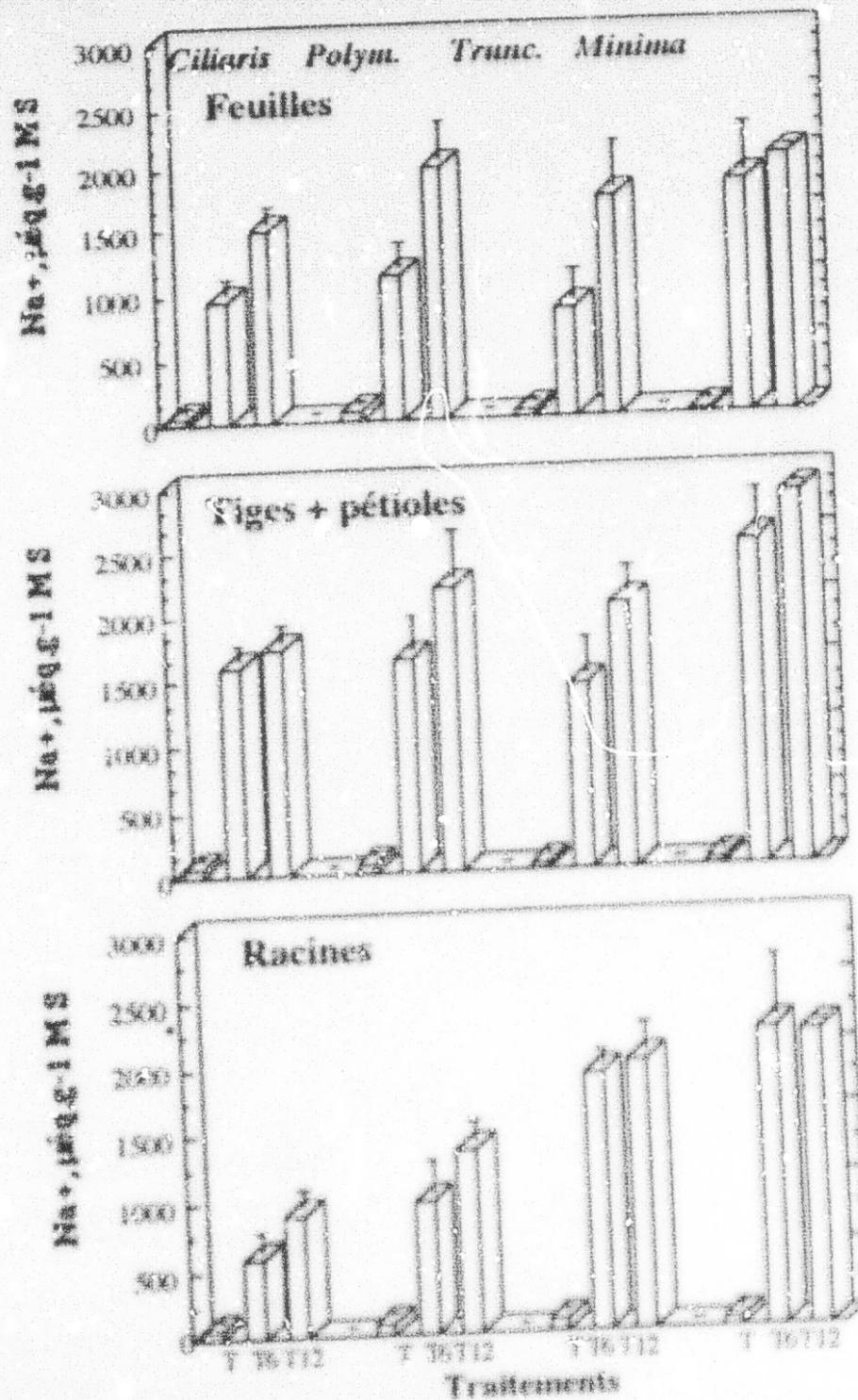


Figure 3. Accumulation de Na⁺ dans les différents organes de *Medicago*. Les plantes sont cultivées pendant trois semaines en milieu hydroponique sans NaCl (T), puis une partie d'entre elles reçoivent NaCl 100 mM (T6) ou 200 mM (T12) pendant 3 autres semaines. Moyennes et intervalles de sécurité au seuil de 93 %.

Absorption de K⁺ et de Ca²⁺

Le prélèvement de K⁺ et de Ca²⁺ est diminué chez toutes les plantes lorsque le milieu contient NaCl (non montré). Pour préciser les différences entre les quatre espèces, nous avons calculé l'efficacité d'absorption de K⁺ et de Ca²⁺ (Fig. 4). Ce paramètre, qui traduit l'efficacité du système racinaire pour absorber un nutriment donné, est estimé en ramenant les quantités totales prélevées par la plante à la masse de son système racinaire. Ce paramètre est fortement diminué

par NaCl. Néanmoins, la comparaison des effets de NaCl sur les quantités absorbées (JMR) et sur l'efficacité d'absorption (Fig.5) montre clairement que les baisses de consommation de K^+ et de Ca^{2+} ne sont pas dues uniquement à la diminution des performances des systèmes d'absorption chez *M. truncatula* et *M. minima*. la réduction de la masse du système racinaire est un facteur important de la restriction de l'alimentation potassique et calcique des deux plantes. En effet, chez ces deux espèces, les baisses de consommation sont beaucoup plus importantes que celles de l'efficace d'absorption. Chez *M. ciliaris* et *M. polymorpha*, par contre, le sel induit des baisses de consommation et d'efficace d'absorption de même ordre de grandeur (bien que les premières excèdent légèrement les secondes). Par conséquent, la diminution de prélèvement de K^+ et de Ca^{2+} en présence de NaCl s'explique surtout par une baisse de la performance des systèmes d'absorption.

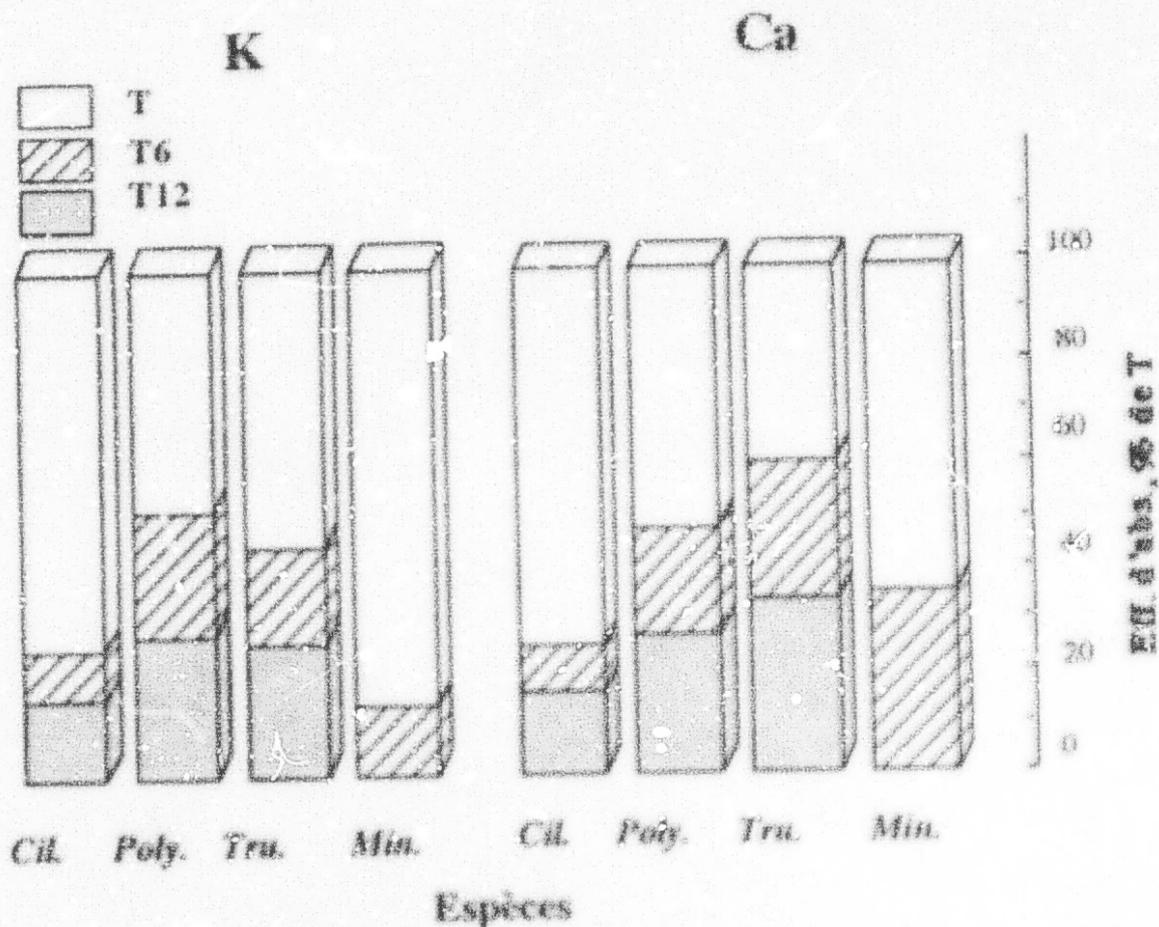


Figure 4 - Variations de l'efficacité d'absorption des nutriments (K, Ca) en fonction des traitements. L'efficacité d'absorption d'un nutriment est calculée en ramenant les quantités prélevées au cou du traitement par la plante entière (JMR) à la masse moyenne de son système racinaire ($MS\ moy. = M2 - m1/LnM1$, M1 et M2 étant les masses du système racinaire respectives à la récolte de départ et à la récolte finale). Les valeurs de ce paramètre sont exprimées en % de celles des plantes cultivées sur milieu dépourvu de NaCl.

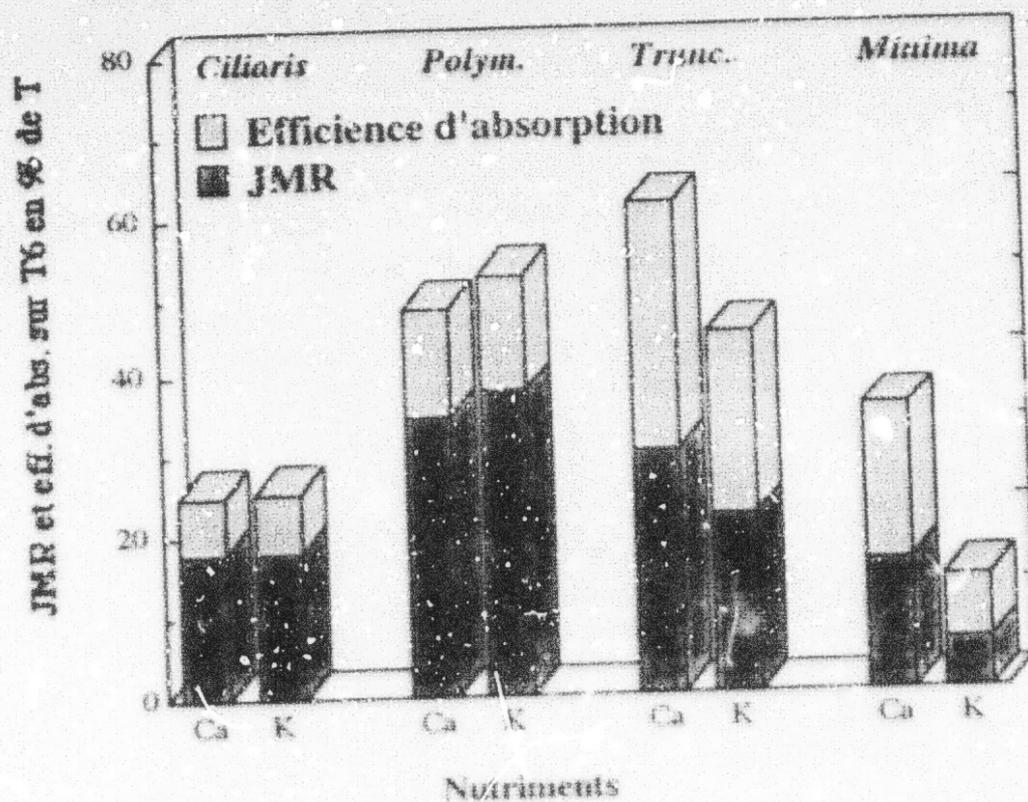


Figure 5 - Effet de NaCl (6 g l⁻¹) sur le flux (JMR) et l'efficience d'absorption de K⁺ et Ca²⁺. Résultats exprimés en % de T.

Utilisation de K⁺ et de Ca²⁺

Les efficacités d'utilisation de K⁺, Ca²⁺ pour la croissance des plantes entières, qui expriment le rendement d'utilisation c'est à dire les quantités de matière sèche produite par unité de nutriment absorbé (mg MS. μmol^{-1}), sont représentées sur la figure 6. Pour K⁺, elles sont augmentées en présence de NaCl (ce qui traduit la capacité de Na⁺ de remplacer une partie de K⁺ pour supporter la croissance), et elles ont des valeurs semblables chez toutes les plantes. Toutefois, les efficacités d'utilisation de K⁺ pour les seules feuilles (Fig.6) permettent de différencier *M. ciliaris* et *M. polymorpha*, (chez qui NaCl permet une économie de K⁺) de *M. truncatula* et *M. minima* (chez qui la production de 1 g de MS de feuilles exige autant de K⁺ sur milieu T et sur milieu enrichi en NaCl).

Le même type d'analyse, appliqué à Ca²⁺, conduit à des conclusions analogues : en présence de NaCl, la croissance des plantes entières nécessite des quantités plus faibles de ce cation (Fig.6). Cet effet d'économie de Ca²⁺ n'est bien marqué que chez *M. ciliaris* et *M. polymorpha* et il est essentiellement une propriété de leurs feuilles.

En considérant les comportements sur T6, on peut résumer les résultats de la façon suivante :

M. ciliaris et *M. polymorpha* sont les espèces qui tolèrent le mieux ce stress au niveau de la croissance des plantules. Chez elles, les restrictions de la croissance sont dues plutôt aux baisses des performances de certains systèmes d'absorption (K⁺ et Ca²⁺).

La croissance des feuilles sur milieu salé étant moins exigeante en K^+ et Ca^{2+} (augmentation d'efficacité d'utilisation), les plantes conservent une capacité de production de biomasse relativement élevée (2/3 de celle des témoins). La répartition des assimilats entre les racines et les parties aériennes n'est pas affectée par le sel, ce qui suggère que les plantes ne sont pas en état de stress nutritionnel. La très forte réduction de la croissance des racines (bien qu'elles conservent une efficacité d'absorption très voisine de celle des deux espèces précédentes) et la faible efficacité d'utilisation des nutriments paraissent être les raisons de la sensibilité de *M. truncatula* et *M. minima*. Ces dérèglements sont peut être causés par l'accumulation excessive de Na^+ , surtout chez *M. minima*.

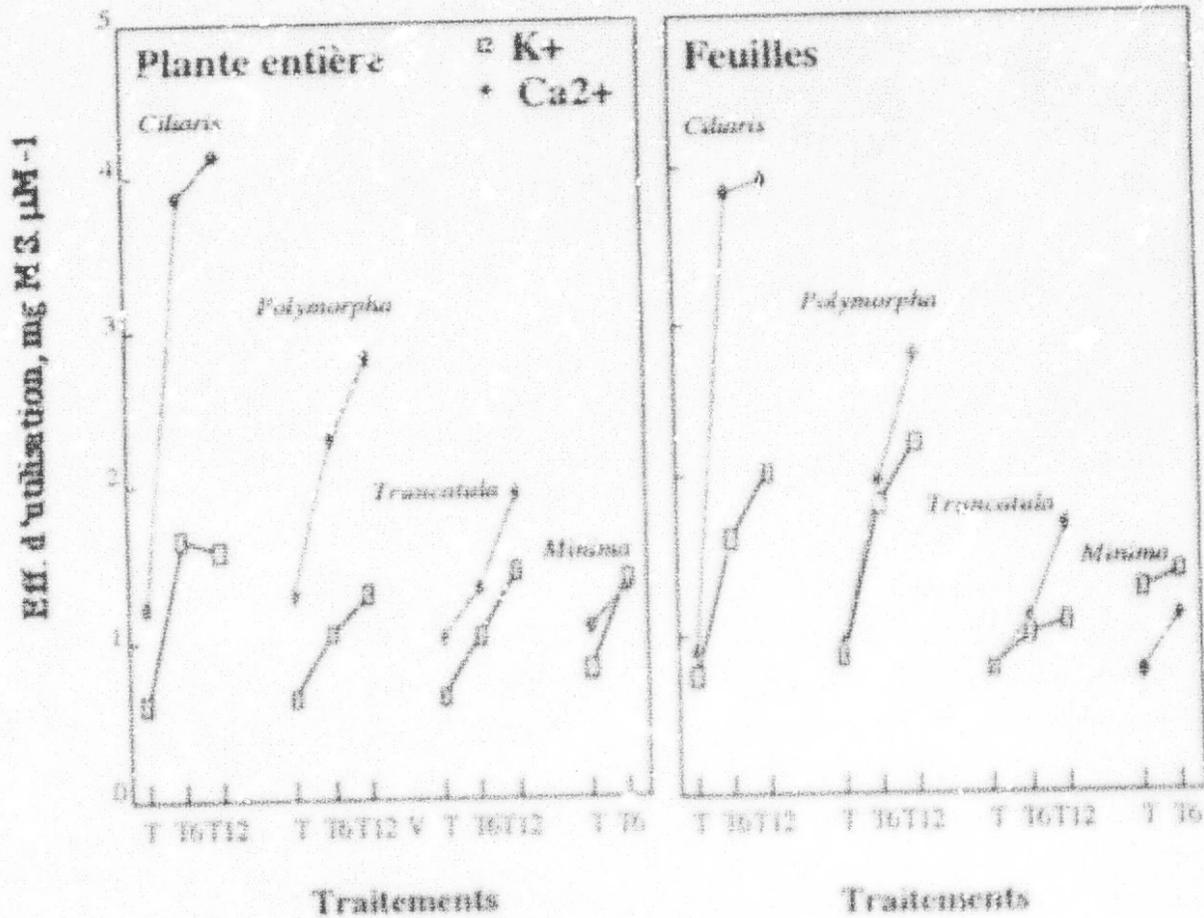


Figure 6 - Effet de NaCl sur l'efficacité d'utilisation des éléments. Ce paramètre représente la quantité de MS produite par unité d'élément utilisé.

Production des graines et viabilité

Chez les 4 *Medicago*, le sel diminue spécifiquement la production d'organes reproducteurs. En effet, l'indice de récolte, défini par la masse des gousses à maturité rapportée à la masse des parties aériennes à la floraison, est fortement affecté par la salinité (Fig. 7). Il est diminué de moitié en présence de NaCl 6 g.l⁻¹, et de 5 à 10 fois en présence de NaCl 9 g.l⁻¹. Le sel ne modifie pas la masse individuelle des graines (Fig. 7, encart), mais il diminue fortement leur nombre par plante. Cette diminution résulte uniquement de la baisse du nombre de gousses, le nombre de graines par gousse n'étant pas diminué en général.

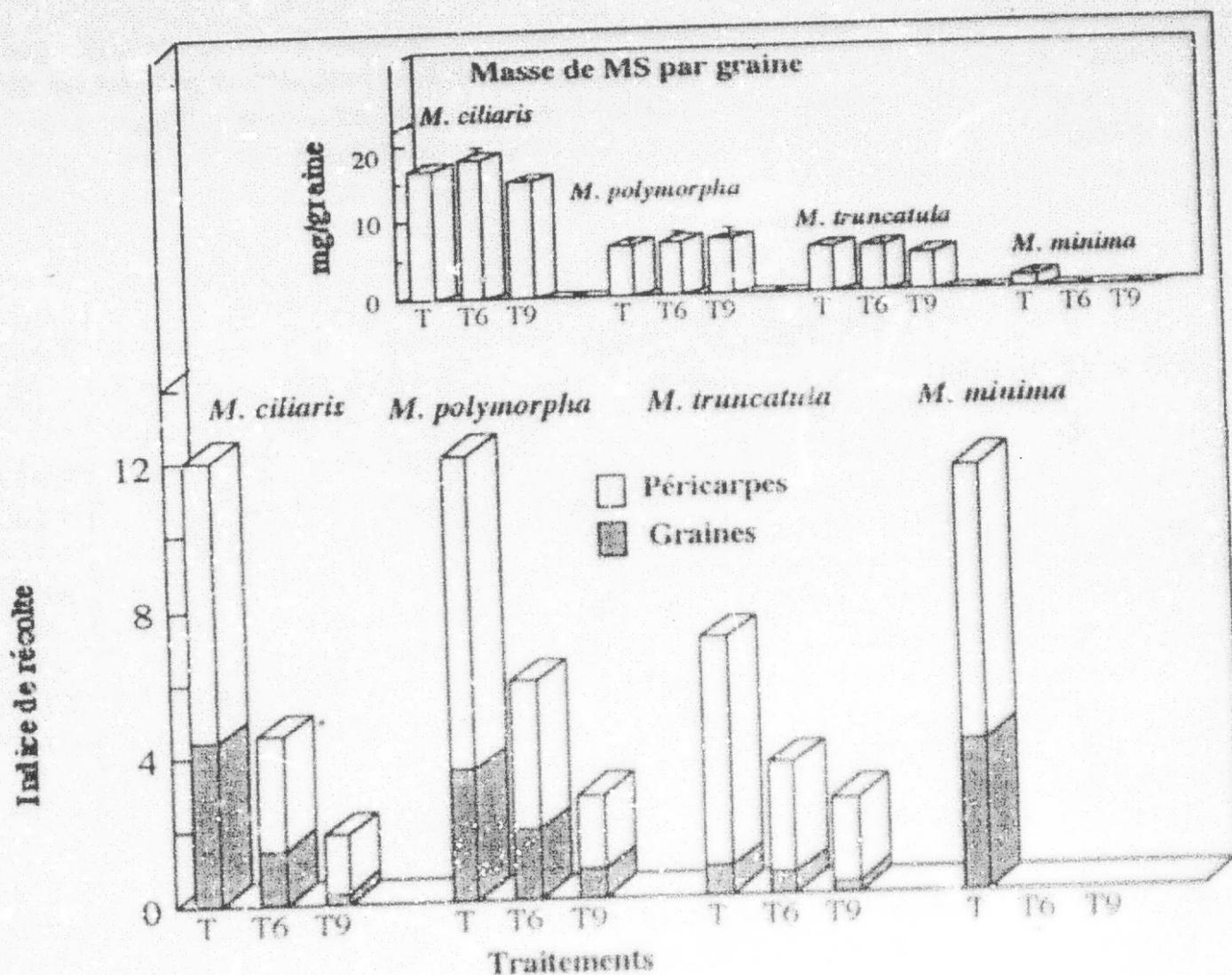


Figure 7 - Production des graines. L'indice de récolte est la masse de MS de gousse ou de graines (grisé) à maturité par g. de MS de parties aériennes à la floraison. Encart : masse de MS individuelle des graines. Les plantes sont cultivées en pots irrigués avec les solutions T, T6 ou T9.

Nous avons observé que les graines récoltées sur le terrain conservent une forte capacité germinative pendant plusieurs années (au moins 6 ans). La viabilité des graines récoltées au laboratoire (expérience décrite ci-dessus) est estimée par leur capacité germinative maximale à 25°C sur eau distillée. Le produit de ce paramètre par le nombre de graines par plante permet d'estimer la potentialité de reproduction de chaque espèce (Fig. 8). *M. minima* ne semble pas pouvoir se reproduire en l'absence d'épisode de dessalement de son milieu, car elle ne produit pas de graines en milieu salé (NaCl 6 g.l⁻¹). Par contre, elle semble avoir un avantage important en absence de sel puisque notre analyse lui prévoit une descendance (nombre théorique de germinations) 2 à 6 fois plus nombreuse que celle des autres espèces. En présence de sel, l'avantage reproductif revient à *M. polymorpha*. Le dénombrement des *Medicago* permet d'estimer la capacité de multiplication réelle de ces plantes dans leur environnement naturel, qui est de l'ordre de 5 à 10 descendants par plante (non montré). Cette valeur est surestimée car elle ne tient pas compte de la germination des graines des générations précédentes qui auraient séjourné un an ou plus dans le sol avant de germer en profitant de l'année pluvieuse. Elle est très

largement inférieure à la valeur théorique maximum en absence de sel, qui est de plusieurs centaines par plante d'après le décompte des graines et la mesure de leur pouvoir germinatif (F. 8). Par contre, elle est proche (*M. ciliaris*) ou même supérieure (*M. minima*) aux prévisions sur milieu salé. Nous pouvons déduire que la dynamique de reproduction du tapis végétal des légumineuses de l'écosystème dépend du maintien de la salinité à un niveau relativement faible.

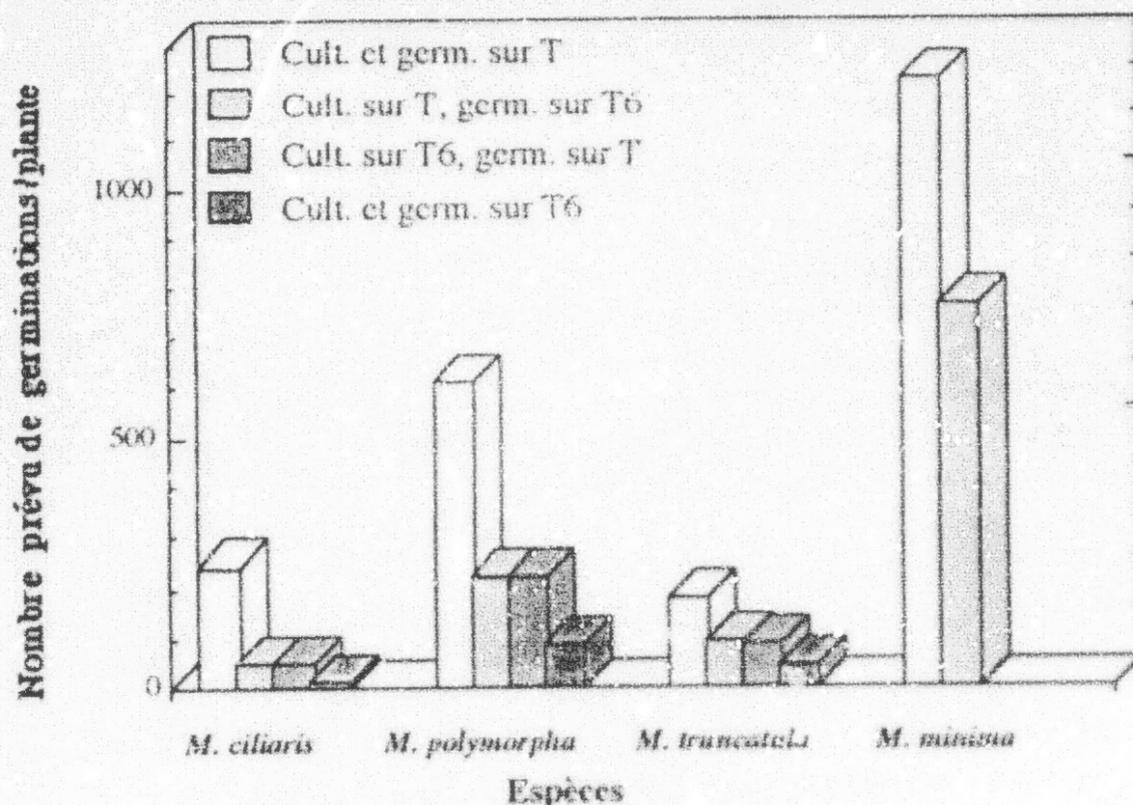


Figure 8 - Effet de NaCl sur la reproduction des *Medicago*. La potentialité de reproduction est évaluée en multipliant le nombre moyen de graines produites par plante par la capacité germinative de ces graines (% de graines capables de germer). Quatre conditions sont étudiées, différant par la présence de NaCl 100 mM (T6) ou son absence (T) dans les milieux de culture et / ou de germination.

CONCLUSION

Les relevés sur le terrain montrent qu'un tapis relativement dense de plantes annuelles peut se développer rapidement entre les halophytes pérennes en bordure de sebkha, dès lors que la pluviométrie le permet. Ce tapis, qui est potentiellement intéressant en vue d'une exploitation de l'écosystème comme zone de pâturage, est composé essentiellement de 4 *Medicago*. Ces observations indiquent que le (micro)écosystème occupé par le tapis des légumineuses est peu agressif, bien que la présence des halophytes, et les analyses de sol, révèlent la présence de sel dans le sol. D'une part, nos études de laboratoire montrent que NaCl restreint la production de biomasse chez les 4 *Medicago*. Cet effet semble dû à une perturbation de la physiologie de la feuille, puisque la CMR semble corrélée négativement à l'indice de surface foliaire. Si la production photosynthétique nette des plantes sur milieu salé (estimée par la CMR), n'est pas corrélée positivement à la surface totale des organes photosynthétiques, on doit conclure qu'une fraction des feuilles ne participe pas efficacement à la production de biomasse quand la plante

est agressée par le sel. D'autre part, l'opposition entre les faibles teneurs en Na^+ des parties aériennes des *Medicago* récoltés dans leur biotope (non montré), et les fortes accumulations de ce cation quand il est abondant dans le milieu de culture hydroponique (Fig. 3), est l'indice que les racines de ces plantes exploitent des horizons peu salés. L'hétérogénéité de la végétation de la station, où coexistent halophytes et glycophytes, pourrait s'expliquer par la stratification des systèmes racinaires des plantes halophiles, seules à exploiter les horizons les plus profonds et les plus salés, et des systèmes racinaires des annuciles, qui prolifèrent dans les zones superficielles moins salées. Les halophytes pourraient également favoriser le maintien de l'horizon superficiel peu salé, par désalinisation (Zhao, 1991) par leurs racines superficielles.

La fertilité relative de cet horizon pourrait être permise par les faibles exigences de ces plantes à croissance lente, et par leur capacité de remobiliser ou restituer au sol les nutriments minéraux de leurs organes desséchés. Ces facteurs favorisent le développement rapide d'un tapis d'annuelles peu résistantes au stress salin mais très performantes dans l'acquisition des ressources minérales dès que les ressources en eau le permettent. Ces espèces investissent fortement dans le développement reproducteur quand les conditions sont favorables (Fig. 7), et produisent des graines capables de conserver leur capacité germinative plusieurs années. Ce comportement est typique de la stratégie écologique dite "rudérale" (Grime, 1977), qui caractérise les plantes colonisant les milieux offrant un niveau élevé de ressources, mais présentant une forte probabilité de risque accidentel, comme ici la sécheresse.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELLY C., 1992 - Réactions aux contraintes nutritionnelles des principales herbacées du tapis végétal en bordure de sebkha. Thèse de spécialité, Université de Tunis, 252p.
- ABDELLY C., ZID E., HAJJI M. & GRIGNON C., 1993 - Biomass production and nutrition of *Medicago* species associated to halophytes on the edge of a sebkha in Tunisia. Actes de la Conférence Internationale "The use of halophytes in agriculture. IAV Hassan II Agadir, 12-26 septembre 1993, 339-355.
- BOYER, J.S., 1982 - Plant productivity and environment. *Science*, 218, 443-448.
- EPSTEIN E., 1980 - Responses of plants to saline environments. In : *Genetic engineering of osmoregulation : Impact on Plant productivity for food, chemicals, and Energy* D.W. Rains, R.C. Valentine, A. Hollaender eds. Plenum, New York and London, 7-21.
- EPSTEIN E., NORLYN J.D., RUSH D.W., KINGSBURY R. W., KELLEY, D.B., CUNNINGHAM G.A. & WRONA A.F., 1980 - Saline culture of crops : a genetic approach. *Science*, 210, 399-404.
- GRIME, J.P., 1977 - Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Amer. Naturalist*, 111, 1169-1194.
- HAMZA M., 1977 - Action de différents régimes d'apport de chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses : *Phaseolus vulgaris* (sensible) et *Hedysarum carnosum* (tolérante). Relations hydriques et relations ioniques. Thèse de Doctorat d'Etat, Paris, 252p.
- HASEGAWA, P.M., RAY A. BRESSEN & AUTAR K. HANDA, 1986 - Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Hort Science*, 21 (6), 1317-1324.

- HUNT, R.**, 1990 - Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, London, 112 p.
- LE HOUEROU H.N.**, 1986 - Salt tolerant plants of economic value in the mediterranean Basin. *Reclamation and revegetation Research*, 5, 319-341.
- MASS, E.V., HOFFMAN, G.E.**, 1977 - Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig and Drainage Div.*, ASCE, 103 (IR2), 115-134.
- SMITI S.**, 1987 - Comportement physiologique de l'*Halocnemum strobilaceum* (Pall) M. Bied. Effet de la salinité et de l'immersion. Thèse de spécialité, Université de Tunis, 165 p.
- ZHAO, K.F.**, 1991 - Desalinization of saline soils by *suaeda salsa*. *Plant Soil* 135, 303-305.

FIN

14

VUES