

L'ABSORPTION DU SODIUM PAR DES RACINES EXCISEES DE TROIS ESPECES DE LUZERNE (MEDICAGO L.).

par A. BRUN

Institut National Agronomique - Département de Botanique - El Harrach - Alger.

RESUME

L'absorption du sodium en fonction du temps a été étudiée chez trois espèces de Luzerne annuelles ayant des exigences écologiques différentes.

L'allure générale des courbes est assez voisine pour les trois espèces: absorption rapide la première demie-heure, puis un ralentissement assez net mais courbe toujours croissante, avec cependant présence de points d'inflexion.

Les trois espèces sont classées selon les quantités de sodium absorbé en fonction du temps. Quelle que soit la durée de l'absorption, on obtient:

Medicago scutellata - *Medicago littoralis* - *Medicago ciliaris*.

Si du calcium est ajouté dans le milieu d'absorption, l'action de cet ion sur l'entrée de sodium est différente selon les trois espèces.

SUMMARY

The sodium absorption in dependence on the time for three species of annual *Medicago* each adapted to a different ecological condition was investigated.

The general forms of the different curves for the three species were identical: a high absorption rate during the first 30 minutes, then a diminished but always ascending with points of deviation.

The three species can be classified in function to the quantity of the sodium absorbed however be the duration of the absorption:

Medicago scutellata - *Medicago littoralis* - *Medicago ciliaris*.

The three species react differently to the addition of calcium in the initial substrate.

I. INTRODUCTION.

Le problème de la tolérance aux sels pour les végétaux cultivés est particulièrement important dans le Maghrèb et notamment en Algérie où les sols salés couvrent de grandes surfaces.

De plus l'eau d'irrigation est le plus souvent une eau légèrement saumâtre car elle provient d'oueds qui se chargent de sels en passant sur ces sols (AUBERT, 1975).

On sait que lorsque la concentration en sels des eaux d'irrigation dépasse $0,3 \text{ gr } 1^{-1}$, il s'agit surtout de chlorure de sodium (HELLER, 1969). La

résistance des plantes aux sels est donc avant tout affaire de résistance au Na Cl.

Le comportement des glycophytes en milieu salé a donné lieu à de nombreux travaux; beaucoup ont été réalisés aux champs, mais ni ceux-ci, ni les études de laboratoire n'ont permis d'élucider les mécanismes de leur tolérance aux sels.

Il nous a donc paru intéressant d'étudier l'absorption du sodium par la luzerne (genre *medicago*). Cette plante présente un grand intérêt agronomique, par son adaptation aux conditions climatiques semi-arides (ce qui est particulièrement intéressant en Algérie) et par ses effets sur la fertilité et la fixation des sols.

Notre travail a porté sur l'absorption du sodium en fonction du temps, avec ou sans calcium dans le milieu, par 3 espèces ayant des exigences écologiques différentes (une espèce indigène et 2 espèces introduites).

II. MATERIAL ET METHODES.

La Luzerne est généralement considérée comme une plante assez résistante aux sels (sauf peut être lors des premiers stades de la végétation). LESSANI (1969) a montré que *Medicago sativa* L., variété luzerne de Gabès, peut supporter des eaux d'irrigation contenant jusqu'à 4,2 gr- 1⁻¹ Na Cl.

Parmi les trois espèces que nous avons étudiées, deux sont des variétés commercialisées en Australie:

— *Medicago scutellata* (L.) Miller (snail medic).

— *Medicago littoralis* Rohde ex. Loisel (Strand medic), cultivar Harbinger; la troisième est une espèce spontanée en Algérie, commune dans la région d'Alger, *Medicago ciliaris* (L.) All.

Medicago littoralis et *Medicago ciliaris* sont diploïdes ($2n=16$), *Medicago scutellata* est tétraploïde ($2n=32$). La nomenclature adoptée est celle de Flora Europaea (1968). GREENWAY et ANDREW (1962), cités par GACHET et EL MIR (1972) ont étudié le comportement en présence de sel de diverses espèces de *Medicago*. Aussi bien par l'observation de cultures en pots que par les calculs de rendement sur sol, ils ont montré que *Medicago ciliaris* avait une bonne tolérance, *Medicago scutellata* avait un rendement très faible, *Medicago littoralis* ayant un comportement intermédiaire.

2.1 OBTENTION ET PREPARATION DES RACINES EXCISEES.

L'utilisation des racines excisées permet de réduire les phénomènes de

croissance et de multiplication cellulaire et également de supprimer le transport vers les parties aériennes. Les graines sont désinfectées à l'aide d'hypochlorite de sodium (20% V/V de la solution commerciale) pendant deux heures puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée. Ce traitement permet d'éviter la prolifération de bactéries ou de moisissures qui se produit lorsqu'on ne prend pas cette précaution.

Les graines désinfectées sont placées sur une plaque de gaze tendue sur un bac à germination contenant une solution minérale et recouvertes d'un papier filtre. La composition de la solution minérale est la suivante:

Ca (NO ₃) ₂ , 4 H ₂ O	0,1 mM. 1 ⁻¹
Mg SO ₄ , 7 H ₂ O	0,1 mM. 1 ⁻¹
K H ₂ PO ₄	0,1 mM. 1 ⁻¹

24 heures avant la manipulation, cette solution est remplacée par de l'eau distillée; on obtient ainsi de jeunes plantules à faibles réserves minérales. On sait en effet que la quantité d'ions qui traverse la membrane par unité de temps est proportionnelle à la différence de potentiel électrochimique donnée par:

$$\Delta \mu = RT \ln \frac{C_{\text{int}}}{C_{\text{ext}}} + zF \Delta \Psi$$

Si on admet que $\Delta \Psi$ est à peu-près constant, la différence de potentiel sera d'autant plus importante pour une même concentration externe que la concentration interne est plus faible. C'est ce qui justifie quand on travaille avec des éléments non radioactifs ou quand on veut étudier des vitesses initiales d'absorption que l'on travaille avec des racines à faibles réserves minérales.

La solution est constamment aérée pendant la durée de la culture.

La température de la pièce est de 25°C ± 2°C.

Les germinations se font à l'obscurité.

Après 8 à 10 jours les racines sont excisées au niveau du collet, rincées à l'eau distillée, séchées entre deux feuilles de papier filtre et utilisées immédiatement.

2.2 Techniques expérimentales.

Toutes les expériences ont été réalisées en fonction du temps, à une concentration constante de l'ion dont on étudie l'absorption. Les racines excisées sont mises à absorber:

— dans une solution pure de Na Cl 5 mM. 1⁻¹ si l'on veut étudier l'absorption de Na⁺ seul;

— dans une solution Na Cl 5 mM. 1⁻¹ + CaCl₂ 5 mM. 1⁻¹ si l'on étudie l'absorption de Na⁺ en présence de Ca⁺⁺.

On utilise des chlorures car l'utilisation métabolique de l'anion Cl⁻ n'interfère pas avec les phénomènes de transport du cation. Toutes les expériences ont été réalisées à 25° C.

Les temps d'absorption sont 1/2 heure, 1, 2, 3, 5, 8, et 24 heures. Pour que la concentration du milieu ne varie pas, on utilise une grande quantité de solution pour un poids relativement faible de racines; nous avons compté 1 litre de solution pour 3 grammes de matière fraîche.

Nous avons vérifié qu'au cours de l'expérience le pH ne varie pas. Les solutions sont constamment aérées pendant toute la durée de l'absorption. Ensuite, les racines sont rapidement sorties, rincées plusieurs fois à l'eau distillée, séchées sur papier et placées dans des tubes à essai préalablement pesés; on mesure le poids de matière fraîche.

Les racines sont alors mises à sécher dans une étuve.

2.3 TECHNIQUES ANALYTIQUES.

2.3.1 *Echanges protons - cations.*

Après dessiccation (24 heures, 105° C), on détermine le poids de matière sèche des racines.

Dans chaque tube à essai on ajoute 30 ml. d'acide chlorhydrique N/10. Les tubes sont fermés hermétiquement. L'échange des cations contre les protons de la solution est pratiquement total après 24 heures.

Cette technique donne d'aussi bons résultats qu'une minéralisation classique par voie sèche ou par voie humide.

2.3.2 *Les dosages.*

Les dosages ont été effectués sur la solution HCl par photométrie de flamme, d'émission pour Na⁺, d'absorption atomique pour Ca⁺⁺.

2.4 EXPRESSION DES RESULTATS.

Les teneurs en un élément donné sont exprimées en microéquivalents rapportés à 1 gramme de matière sèche: $\mu\text{eq. gr}^{-1}$ M.S..

Chaque point porté sur la courbe d'absorption correspond à la moyenne de 5 répétitions; pour toutes les figures, les intervalles de confiance des moyennes correspondent au seuil de probabilité 0,05.

Calcul des écarts-types:

Nous avons des échantillons de 5 mesures dont on peut faire la moyenne arithmétique:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x}{n}$$

Nous calculons ensuite la variance c'est-à-dire la moyenne des carrés des écarts à la moyenne:

$$V = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1} \quad (\sum x)^2 = \frac{\sum x^2 - n}{n-1}$$

D'où l'on tire l'écart-type de l'échantillon:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

Calcul de l'écart-type de la moyenne:

$$S_m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Les limites cherchées de l'intervalle de confiance seront situées, pour un coefficient de sécurité de 95%, à 2 fois l'écart-type de part et d'autre de la moyenne. Les moyennes suivent une loi de STUDENT si $n < 30$ (ici $n=5$). Détermination de t (donné dans la table de STUDENT): le calcul de l'écart-type de l'échantillon avait déjà nécessité le calcul de la moyenne, ce qui, dans le calcul de s , fait perdre un degré de liberté. On a donc 4 degrés de liberté.

III. RESULTATS EXPERIMENTAUX.

3.1 L'ABSORPTION DU SODIUM EN FONCTION DU TEMPS.

3.1. *Solution de NaCl pur* (fig. 1, tableau 1).

L'allure générale des courbes est assez voisine pour les trois espèces: *absorption rapide la première demie-heure, puis un ralentissement assez net*

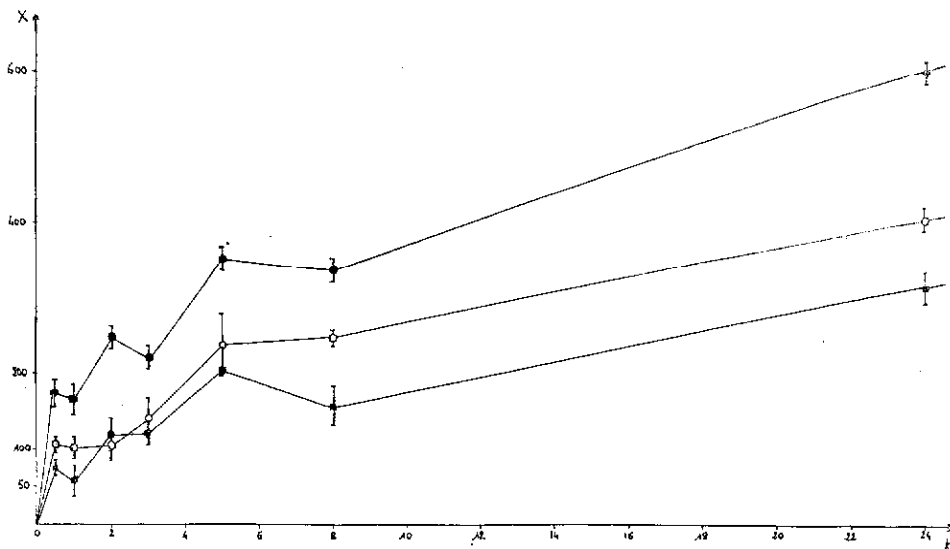


Figure 1 - Absorption du sodium par des racines excisées de luzernes:
 X = sodium absorbé en $\mu\text{eq. g}^{-1}$ M.S. teneurs initiales déduites
 t = temps d'absorption en heures
 ● *Medicago scutellata*
 ○ *Medicago littoralis*
 ■ *Medicago ciliaris*
 Milieu d'absorption: NaCl 5 mM. 1⁻¹.

mais courbe toujours croissante. On peut remarquer que la courbe en fonction du temps présente des *points d'inflexion* (1 heure, 5 heures, 8 heures) et ne suit pas exactement le schéma classique que l'on a souvent décrit: une phase curviligne de vitesse décroissante où prédominent les processus d'absorption passive suivie d'une phase linéaire, donc présentant une vitesse constante correspondant à l'absorption active. En fait, on n'observe les ondulations que si on tient compte de la nécessité de faire passer la courbe par les intervalles de confiance; si cependant on ne s'impose pas cette règle (ce qui voudrait dire que ce point de courbe aurait moins de 95 chances sur 100 d'appartenir à la série des valeurs expérimentales), on constate que l'on peut tracer la courbe classique à deux phases comme celle que nous venons de décrire ci-dessus.

On peut donc poser comme hypothèse que la vitesse d'absorption est proportionnelle à tout instant à la quantité d'ions qui reste à absorber avant d'avoir atteint la limite des possibilités d'absorption:

$$\frac{dx}{dt} = k(A - X)$$

TABLEAU 1 - Absorption du sodium en fonction du temps par les racines excisées de Luzernes, dans une solution de Na Cl 5 mM. 1⁻¹.

Temps d'absorption (heures)	1/2	1	2	3	5	8	24
Espèce							
Medicago scutellata	175 ±18	166 ±18	243 ±14	219 ±16	348 ±17	334 ±16	588 ±15
Medicago littoralis	106 ±11	100 ±16	104 ±20	139 ±27	234 ±40	245 ±09	400 ±16
Medicago ciliaris	73 ±09	58 ±20	117 ±22	121 ±16	201 ±02	153 ±27	309 ±20

Les valeurs représentent le Na⁺ absorbé, teneurs initiales déduites, en $\mu\text{eq g}^{-1}$ M.S.
Les intervalles de confiance sont calculés sur les moyennes (de 5 mesures) et correspondent au seuil de probabilité 0,05.

où A est la quantité maximale de sodium que la racine peut absorber et X la quantité de sodium absorbée au temps t.

Ce qui donne une fonction: $x=f(t)$ qui est de la forme $x=A(1-e^{-kt})$

ou
$$\log \frac{A}{A-X} = Kt.$$

En fait il faut préciser que l'on n'est pas certain d'avoir atteint même au bout de 24 heures le plateau de saturation puisque la pente de la courbe entre 8 h. et 24 h. n'est pas nulle; mais on suppose que l'on n'est pas très loin de cette valeur maximale et par conséquent nous avons pris comme valeur de A la quantité de Na absorbée après 24 heures. Ceci nous permet de tracer les courbes de la figure 2, où l'on distingue en gros deux segments de droite:

- le premier entre l'origine et le point 1/2 heure.
- le second entre 1/2 heure et 8 heures.

Bien que nous ayons un seul point expérimental pour le premier segment, la pente est nettement supérieure à celle du deuxième.

Ceci nous permet donc de distinguer deux phases d'absorption qui

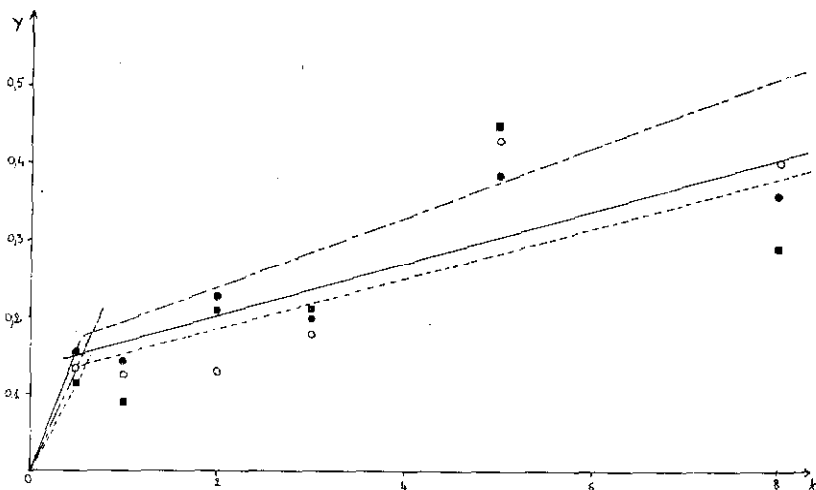


Figure 2 - Absorption du sodium en fonction du temps par les racines excisées de:

- *Medicago scutellata* —————
- *Medicago littoralis* - - - - -
- *Medicago ciliaris* ······

Milieu d'absorption: Na Cl 5 mM. 1⁻¹

Représentation en coordonnées semi-logarithmiques:

$$y = \log \frac{A}{A-X}$$

X = masse de sel absorbée au temps t (heures)

A = absorption maximale en sel.

différent par leur constante de temps k, la première phase ayant une pente donc une valeur de k très supérieure à la deuxième.

Dans cette interprétation nous avons négligé volontairement les points d'inflexion qui apparaissent sur la courbe $x = f(t)$ si l'on tient compte des valeurs des intervalles de confiance.

On peut classer les trois espèces en fonction des quantités de sodium absorbé en fonction du temps. Quelle que soit la durée de l'absorption, on obtient:

Medicago scutellata > *Medicago littoralis* > *Medicago ciliaris*. Les quantités absorbées par *Medicago scutellata* sont environ deux fois plus importantes que celles fixées par *Medicago ciliaris*.

3.1.2 En présence de Ca⁺⁺ (fig. 3 et tableau 2).

Les courbes d'absorption du sodium en présence de calcium sont assez différentes pour les trois espèces. Pour *Medicago scutellata*, l'absorption est très réduite, jusqu'au temps 3 heures (on trouve à ce moment-là 13% seulement du Na qui aura pénétré après 24 heures), puis s'accélère pour

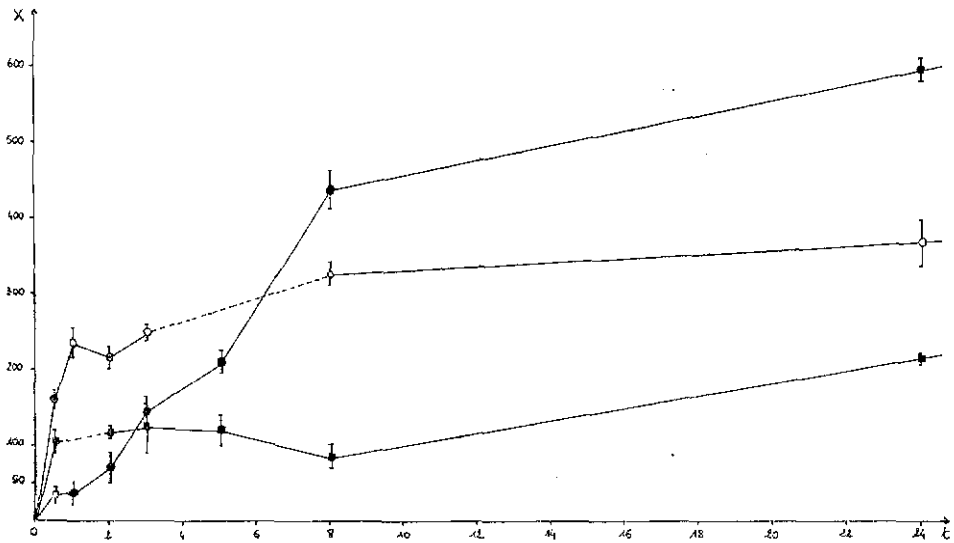


Figure 3 - Absorption du sodium par les racines excisées de luzernes. Milieu d'absorption: Na Cl 5 mM. 1⁻¹ + Ca Cl₂ 5 mM. 1⁻¹ (les signes et abréviations sont les mêmes que ceux de la Figure 1).

TABLEAU 2 - Comparaison de l'absorption du Na⁺: 1) En milieu de Na Cl pur; 2) En présence de Ca; 3) Calcul du % d'inhibition en présence de Ca⁺⁺.

Temps d'absorption (heures)		1/2	1	2	3	5	8	24
Espèce								
Medicago scutellata	1	175±18	166±18	243±14	219±16	348±17	334±16	588±15
	2	34±09	37±17	72±22	145±18	208±14	435±26	565±20
	3	+80	+78	+70	+34	+40	-30	+05
Medicago littoralis	1	106±11	100±16	104±20	139±27	254±40	245±09	400±16
	2	158±12	237±20	217±13	248±11	—	325±14	364±31
	3	-49	-137	-109	-78	—	-33	+09
Medicago ciliaris	1	73±09	58±20	117±22	121±16	201±02	153±27	309±20
	2	106±14	—	116±07	127±32	131±20	83±15	213±06
	3	-45	—	+01	-05	+40	+46	+31

Les valeurs 1 et 2 présentent le Na⁺ absorbé, teneurs initiales déduites, en µeq. g⁻¹ M.S. Les intervalles de confiance sur les moyennes correspondent au seuil de probabilité 0,05.

arriver à 24 h, à un niveau très voisin de celui trouvé en milieu de NaCl pur. Pour les deux autres espèces, après 3 heures d'absorption, on trouve déjà 60% du Na absorbé après 24 heures.

En présence de Ca comme en milieu de Na pur, *Medicago scutellata* absorbe beaucoup plus de Na⁺ que *Medicago ciliaris*, *Medicago littoralis* se plaçant entre les deux.

Si nous calculons le % d'inhibition de l'absorption du sodium en présence de calcium, cette inhibition est très importante jusqu'au temps 5 heures pour *Medicago scutellata*, alors qu'au temps 24 heures le calcium ne semble plus agir. Pour *Medicago ciliaris* au contraire, l'ion Ca⁺⁺ ne paraît intervenir qu'après 5 heures d'absorption.

Les figures 4 et 4bis nous permettent de comparer directement l'action du calcium sur l'absorption du sodium. On remarque que chez *Medicago scutellata*, le Ca semble diminuer très fortement la première phase d'absorption sans bloquer l'absorption ultérieure de sodium. Ce serait plutôt le phénomène inverse pour *Medicago ciliaris*.

En reprenant l'hypothèse selon laquelle la vitesse d'absorption est à tout instant proportionnelle à la quantité d'ions qui reste à absorber avant d'avoir atteint la limite des possibilités d'absorption, et en négligeant volon-

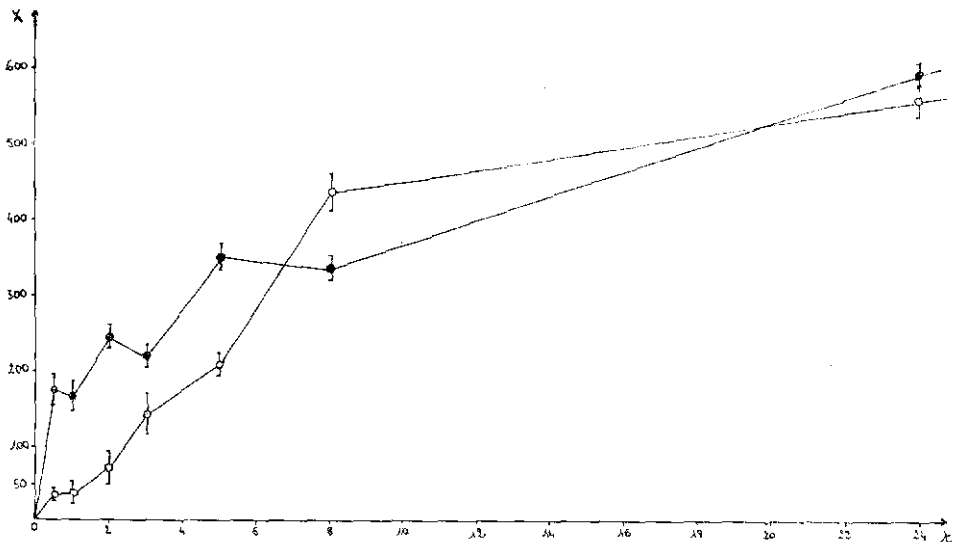


Figure 4 - Etude comparée de l'absorption du sodium par les racines excisées de *Medicago scutellata* en milieu:

● NaCl 5 mM. 1⁻¹

○ NaCl 5 mM. 1⁻¹ + CaCl₂ 5 mM. 1⁻¹

X = sodium absorbé en µg. M.S. teneurs initiales déduites

t = temps d'absorption en heures.

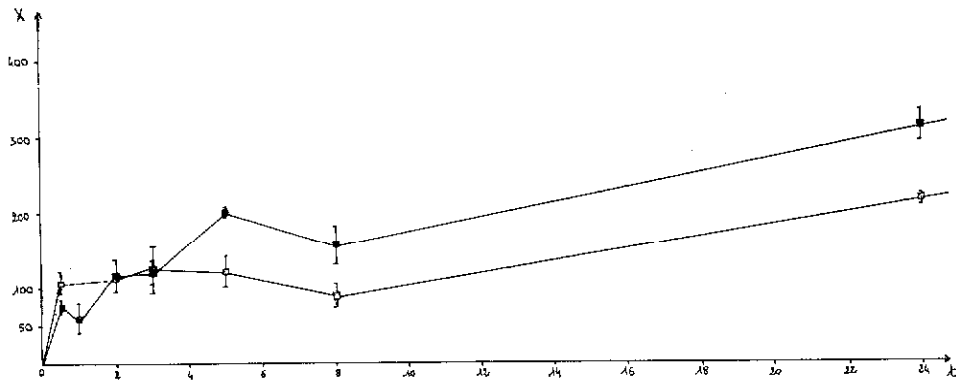


Figure 4 bis - Etude comparée de l'absorption du sodium par les racines excisée de *Medicago ciliaris* en milieu:

■ Na-Cl 5 mM. l⁻¹

□ Na-Cl 5 mM. l⁻¹ + Ca Cl₂ 5 mM. l⁻¹

X = sodium absorbé en $\mu\text{eq. g}^{-1}$ M.S. teneurs initiales déduites

t = temps d'absorption en heures.

tairement le point d'inflexion, on peut tracer les courbes de la figure 5. Nous y retrouvons deux segments de droites, correspondant à deux phases dans l'absorption du sodium. Pour *Medicago littoralis* et *Medicago ciliaris*, les courbes sont très voisines de celles que nous avons vues en milieu de NaCl pur; pour *Medicago scutellata*, le premier segment de droite se prolonge jusqu'à t = 2 h., alors que la pente est nettement supérieure pour le second segment correspondant aux points t > 2 heures.

3.2 L'ABSORPTION DU CALCIUM EN FONCTION DU TEMPS (figure 6, tableau 3).

Toutes les expériences ont été réalisées avec un milieu contenant: CaCl₂, 5 mM. l⁻¹ + NaCl, 5 mM. l⁻¹.

Les courbes obtenues montrent que l'absorption du Ca est très rapide au début (environ 60% absorbé après 24 heures l'est déjà après une demie-heure, puis elle devient très lente entre 3 et 24 h. surtout chez *Medicago ciliaris* et *Medicago littoralis*. On ne retrouve pas tout à fait le schéma classique: une absorption rapide et brève suivie d'un palier c'est-à-dire une absorption nulle (SALSAC, 1970).

Nous avons pour l'absorption de Ca⁺⁺ le même ordre entre les trois espèces que celui obtenu pour l'absorption de Na⁺ à savoir:

Medicago scutellata > *Medicago littoralis* > *Medicago ciliaris* et ce quel que soit le temps d'absorption.

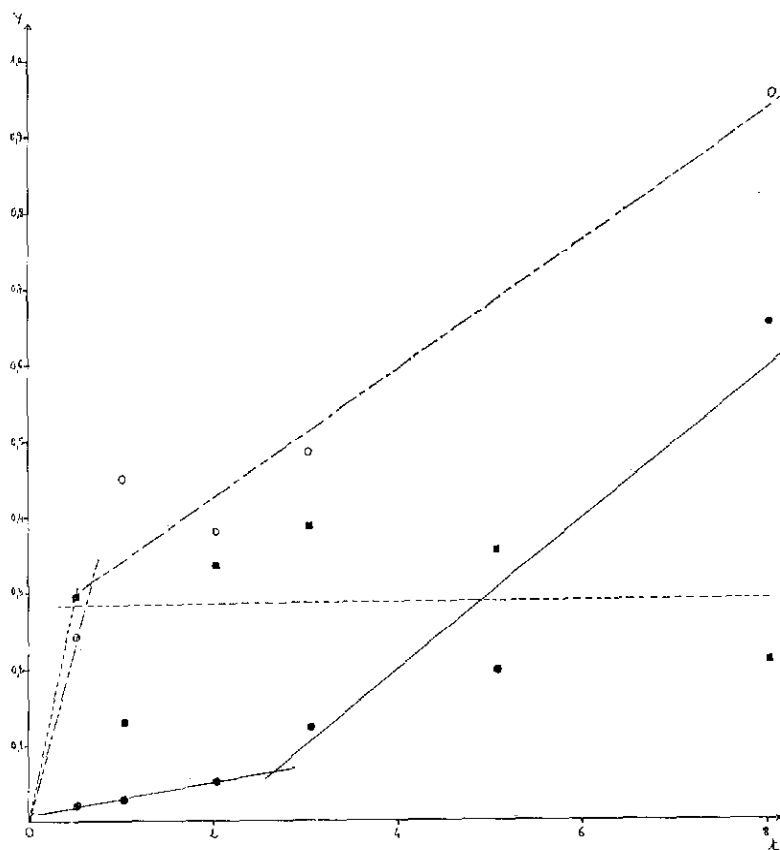


Figure 5 - Absorption du sodium en fonction du temps par les racines excisées de luzernes. Milieu d'absorption: $5 \text{ mM. l}^{-1} \text{ Na Cl} + 5 \text{ mM. l}^{-1} \text{ Ca Cl}_2$. Représentation en coordonnées semi-logarithmiques (voir Fig. 2).

Les courbes semblent là aussi se décomposer en phases successives séparées par des plateaux. Ces points d'inflexion sur des courbes de ce type ont rarement été mis en évidence. Ils semblent cependant assez nets chez *M. scutellata* et *M. ciliaris*. On peut rapprocher ce résultat des expériences d'échange K-Ca qui montrent que les exsorptions de calcium qui accompagnent l'absorption de potassium se font également par phases successives obéissant à des cinétiques du premier ordre (SALSAC, 1970).

Si encore une fois, en ne tenant pas compte de ces points d'inflexion, on reprend l'hypothèse selon laquelle la vitesse d'absorption est proportionnelle à tout instant à la quantité d'ions qui reste à absorber avant d'avoir atteint la limite des possibilités d'absorption, on peut tracer les courbes de la

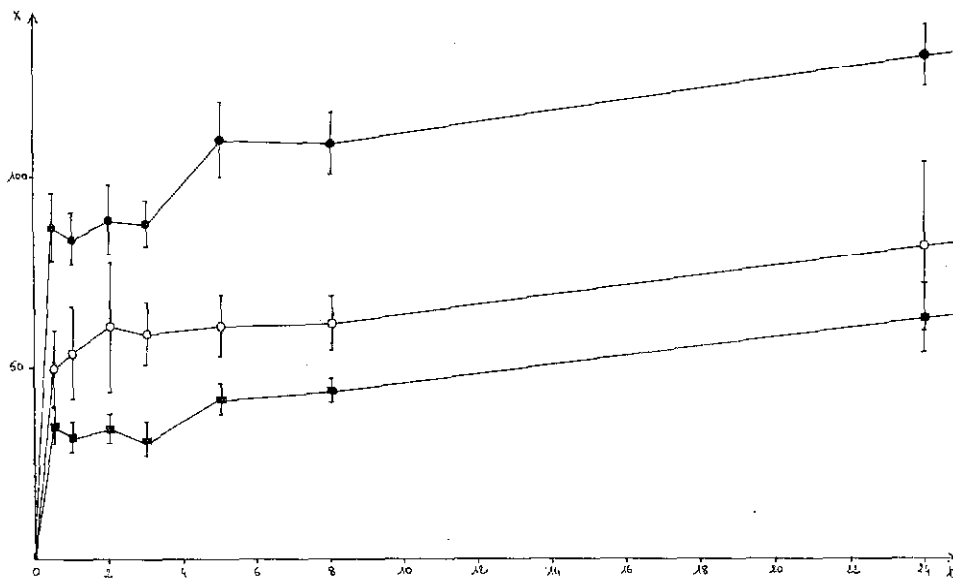


Figure 6 - Absorption du calcium par les racines excisées de: ● *Medicago scutellata*
○ *Medicago littoralis*
■ *Medicago ciliaris*

Milieu d'absorption: NaCl 5 mM. l^{-1} + CaCl₂ 5 mM. l^{-1}
X = calcium absorbé en $\mu\text{eq. g}^{-1}$ M.S. teneurs initiales déduites
t = temps d'absorption en heures.

TABLEAU 3 - Absorption du calcium par les racines excisées de luzerne en présence de sodium.

Temps d'absorption (heures)	1/2	1	2	3	5	8	24
Espèce							
<i>Medicago scutellata</i>	87 ±09	84 ±07	89 ±09	88 ±06	110 ±10	109 ±08	132 ±08
<i>Medicago littoralis</i>	50 ±10	54 ±12	61 ±17	59 ±08	61 ±08	62 ±07	82 ±22
<i>Medicago ciliaris</i>	35 ±05	32 ±04	34 ±04	31 ±05	42 ±04	44 ±03	63 ±09

Les valeurs sont en $\mu\text{eq. g}^{-1}$ M.S., teneurs initiales déduites.
Les intervalles de confiance sur les moyennes ont été calculés pour une seuil de probabilité 0,05.

Figure 7. Ces courbes se décomposent en deux segments de droite qui, dans le cadre de l'hypothèse précédente, permettent de penser qu'il y a deux phases dans l'absorption du calcium. La première phase, très courte, a une pente très nettement supérieure à la deuxième.

IV. DISCUSSION.

4.1 ABSORPTION DU SODIUM.

4.1.1 *NaCl pur.*

Comme nous l'avons déjà vu, nous obtenons une courbe constamment croissante, présentant en gros deux vitesses différentes; très rapide la première demie-heure, plus lente par la suite et présentant des ondulations.

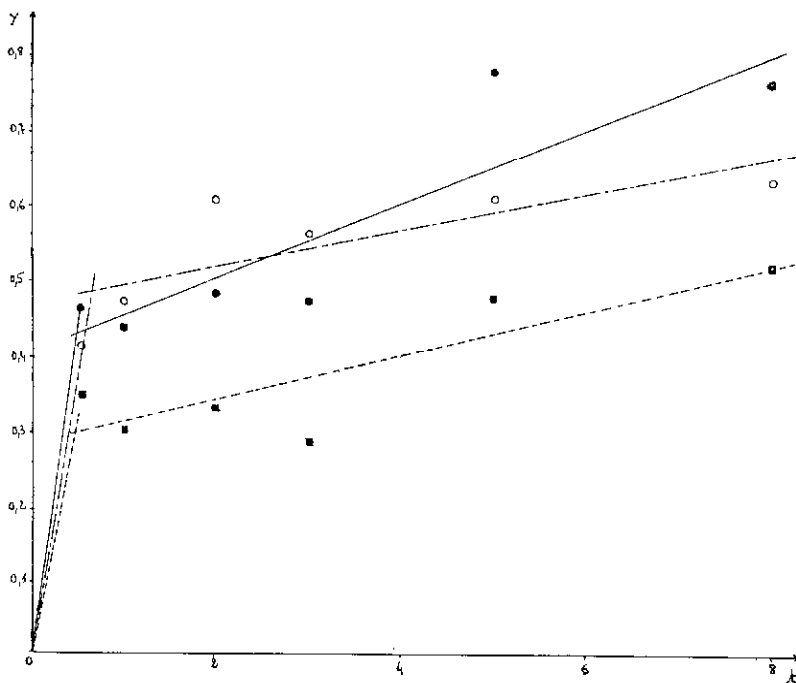


Figure 7 - Absorption du calcium par les racines excisées de Luzernes. Milieu d'absorption: $\text{NaCl } 5 \text{ mM. l}^{-1} + \text{CaCl}_2 \text{ } 5 \text{ mM. l}^{-1}$. Représentation en coordonnées semi-logarithmiques. (Voir Figure 2).

La première phase pourrait correspondre à la saturation des sites électronégatifs situés sur la paroi pecto-cellulosique et le plasmalemme des cellules; on aurait donc saturation de l'espace libre de Donnan (WACQUANT, 1974), cette fixation serait purement passive et terminée en moins de 1/2 heure.

La deuxième phase correspondrait au passage à l'intérieur de la cellule, ce passage se faisant par paliers successifs. On a souvent observé des points d'inflexion sur les courbes d'absorption en fonction du temps: VALLEE (1963) pour l'absorption du rubidium par des racines excisées d'orge; GRIGNON-SALSAC (1969) pour l'absorption du potassium par des racines excisées de fève et de suspensions cellulaires de sycamore. On a observé également des points d'inflexion en fonction des concentrations que EPSTEIN (1972) a interprété comme l'indice de l'existence de plusieurs sites de transport d'affinité différente. En tout état de cause, à l'heure actuelle, on en est réduit à des hypothèses sur la signification de ces points d'inflexion.

4.1.2 Action du calcium.

Nous remarquons l'opposition nette entre *Medicago scutellata* où l'absorption initiale de Na^+ pendant les 5 premières heures est sensiblement diminuée par la présence de Ca alors que la phase ultérieure ne l'est pas. Pour *Medicago ciliaris*, c'est le contraire; l'absorption initiale est peu ou pas modifiée, la deuxième partie de l'absorption étant par contre notablement diminuée (d'environ 30 à 40%).

A défaut d'autres indications sur la nature des mécanismes en cause (transports actifs ou passifs), on peut admettre que l'absorption initiale correspond à une pénétration dans l'espace libre la première demie-heure (c'est ce que suggère la transformation des courbes en coordonnées semi-logarithmiques). Ensuite on peut penser qu'il s'agit pendant les premières heures d'une pénétration essentiellement dans le cytoplasme et enfin d'une accumulation vacuolaire.

En admettant ce schéma, Ca diminuerait l'accumulation de Na^+ dans l'espace libre chez *Medicago scutellata* mais n'empêcherait pas une accumulation plus interne. Au contraire chez *Medicago littoralis* et surtout *Medicago ciliaris* l'accumulation initiale non seulement n'est pas diminuée, mais chez la première de ces deux espèces elle est même sensiblement augmentée (Tableau 2). Par contre l'accumulation profonde est sensiblement diminuée (30 à 40% chez *Medicago ciliaris*).

En fait, il n'y a que chez *Medicago ciliaris* que la présence de Ca diminue la quantité de Na^+ accumulé après 24 heures d'absorption; chez les deux autres espèces on observe des modifications des courbes mais finalement les quantités accumulées en 24 heures restent à peu près les mêmes.

4.2 L'ABSORPTION DU CALCIUM.

SALSAC (1970) pour l'absorption du Ca sur un milieu de CaCl_2 pur, obtient une fixation rapide et brève suivie d'un palier (absorption nulle). On a donc pensé que le Ca se fixait sur des sites électronégatifs situés en grande partie sur le plasmalemme et la paroi pecto-cellulosique.

Pour notre part, nous retrouvons la première phase à pente très forte (jusqu'au temps 1/2 heure), mais ensuite la courbe continue de croître bien que la pente pour cette deuxième phase soit très faible. Il faut cependant remarquer que nous travaillons en milieu $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$. On peut à ce propos rappeler les travaux de LE SAOS (1973 et 1974), qui, travaillant sur *Cochlearia anglica* L. a montré que: — la présence de Na dans le milieu à différentes concentrations ne modifie pas la C.E.C.R. (qui peut être assimilée à la capacité de saturation en Ca^{++}).

— pour des plantes cultivées pendant 42 jours sur milieux de concentrations variables en CaCl, l'addition de NaCl dans les milieux non salés diminue la quantité de Ca absorbée.

Sur les courbes de la figure 6, la première phase à pente forte (fixation sur les sites électronégatifs du plasmalemme) ne semble pas être modifiée, mais pour la suite nous aurions plutôt l'effet inverse, la présence de Na permettant une fixation du Ca sur des sites plus internes. Cependant il faut rester très prudent dans les comparaisons, le *Cochlearia* étant une halophyte, donc une plante ayant des exigences écologiques bien particulières; de plus, le matériel utilisé était âgé de 42 jours, alors que nos plantules n'avaient qu'une dizaine de jours.

4.3 COMPARAISON ENTRE LES TROIS ESPECES.

Nous avons choisi trois espèces dont nous connaissions déjà les exigences écologiques (GACHET et ELMIR, 1972) et nous avons recherché si au niveau de l'absorption du Na^+ nous pourrions observer des différences qui seraient en corrélation avec la plus ou moins bonne tolérance au sel. Les différences observées sont:

— une absorption plus importante de Na chez l'espèce la plus sensible (*Medicago scutellata*).

— une diminution de l'absorption en présence de Ca chez l'espèce la plus résistante (*Medicago ciliaris*), sur 24 heures.

— un ralentissement très net dans la première partie de la courbe en présence de Ca chez *M. scutellata*.

Donc l'absorption beaucoup plus importante chez *Medicago scutellata* peut être due tout simplement à une absorption passive due au gradient de concentration plus important. Cette interprétation n'est peut-être pas suffisante car en effet on a des vitesses d'absorption à-peu-près comparables chez les espèces entre 8 h. et 24 h.. Si on était beaucoup plus proche de la saturation pour *M. ciliaris* et *M. littoralis*, ces vitesses devraient être plus faibles que pour *M. scutellata* puisque: $v = \frac{d x}{d t} = k(A-x)$, A étant la teneur maximale. Par contre, la vitesse d'absorption pour la première demie-heure est très nettement supérieure pour l'espèce la plus sensible.

La seule action nette de Ca sur l'absorption de Na^+ se rencontre chez *M. ciliaris* qui est tolérante. Mais il ne faut pas oublier que LA HAYE et EPSTEIN (1969) ont montré que chez le haricot, très sensible, le calcium favorisait la résistance aux concentrations élevées de Na^+ . On peut donc affirmer que Ca semble diminuer l'absorption de Na de façon plus efficace chez certaines espèces et que cela semble en corrélation, dans certains cas, avec une bonne tolérance à la salure. Mais ce n'est certainement pas un caractère général.

Il faut noter également la similitude entre les cations Ca^{++} et Na^+ :

- l'absorption du calcium est plus importante chez *M. scutellata*;
- les variations dans les teneurs initiales en Ca sont semblables à celles observées pour Na.

V. CONCLUSION.

Les résultats obtenus montrent la différence entre les trois espèces sur les cinétiques d'absorption du sodium et l'effet du calcium sur celles-ci. Mais ils sont très insuffisants car ils ne peuvent être mis de façon certaine en corrélation avec la résistance au sel puisque, par exemple, chez le haricot (sensible), Ca bloque l'entrée de Na^+ . Nous pouvons cependant affirmer que *l'espèce la moins tolérante est celle qui absorbe le plus de sodium*. Il faut noter également que l'espèce la plus résistante est celle provenant de graines récoltées sur les sols relativement salés de la région d'Alger; des travaux récents réalisés en Algérie ont d'ailleurs montré que les espèces spontanées mises en culture avaient un rendement généralement meilleur que celui des variétés australiennes.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT G., 1975 - *Les sols sodiques en Afrique du Nord*. R.A.D.P., I.N.A. El Harrach, Séminaire sur la connaissance des sols du Maghreb.
- EPSTEIN E., 1972 - *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. John Wiley and Sons, N. Y., London, Sydney, Toronto.
- GAGHET J. P., ELMIR A., 1972 - *Etude monographique des Medicago annuelles*. I.N.R.A., Ariana (Tunisie), « Labor. Cultures Fourragères », 45, fasc. 1.
- GRIGNON C., SALSAC L., 1969 - *Sur le caractère non monotone des courbes d'absorption du potassium en fonction du temps dans les racines et les cellules isolées*. « C. R. Acad. Sci. », 268, 73-75.
- HELLER R., 1969 - *Biologie végétale, T. 2: Nutrition et métabolisme*. Ed. Masson et Cie, Paris, 578 p.
- LA HAYE P. A., EPSTEIN E., 1969 - *Salt toleration by plants; enhancement with calcium*. « Science », 166, 395-396.
- LESSANI H., 1969 - *Recherches sur le comportement physiologique de la luzerne en présence de chlorure de sodium. Etude de quelques aspects de la nutrition minérale et du métabolisme respiratoire*. Thèse d'Etat, Paris.
- LE SAOS J., 1973 - *Etude des échanges cationiques au niveau des racines d'un halophyte: le Cochlearia anglica L. Action du chlorure de sodium*. « C. R. Acad. Sci., Paris », 277, 1475-1477.
- LE SAOS J., 1974 - *Etude de l'absorption du calcium chez une halophyte: Cochlearia anglica L. (Action du chlorure de Sodium)*. « Physiol. Végét. », 12 (4), 653-664.
- SALSAC L., 1970 - *Absorption du calcium par les racines de Fèveole (calcicole) et de Lupin jaune (calcifuge)*. Thèse d'Etat, Paris, 146 p..
- VALEE-SHEALTIEL M., 1963 - *Recherche sur l'exsorption et l'absorption du rubidium par des racines excisées d'orge*. Thèse, Paris, 190 p.
- WACQUANT J. P., 1974 - *Recherches sur les propriétés d'adsorption cationique des racines*. Thèse d'Etat, Montpellier, 155 p..