

# DISTRIBUTION DES LUZERNES ANNUELLES SPONTANÉES AU MAROC EN RELATION AVEC CERTAINS FACTEURS CLIMATIQUES ET EDAPHIQUES (Résumé de thèse)

M. BOUNEJMATE\*

## INTRODUCTION

Les espèces annuelles du genre *Medicago* (medics) sont originaires du bassin méditerranéen (Heyn 1963; Cocks *et al.* 1980). Leur rôle dans la production agricole a été reconnu dès les années trente quand Trumble et Donald (1938) ont recommandé la culture de *Medicago truncatula* Gaertn. sur les sols calcaires de l'Australie du sud-ouest. Dans cette région, les medics ont été utilisées en rotation avec les céréales et ont entraîné une augmentation parallèle de la production céréalière et lainière (Cocks *et al.* 1980).

Le succès des medics en Australie a suscité l'intérêt dans d'autres régions à climat méditerranéen. C'est ainsi qu'au cours des vingt dernières années, on a tenté d'introduire les medics en Algérie (IDGC 1980), Tunisie (Mouaffak 1976), Syrie (ICARDA 1982), Lybie, Jordanie (Chatterton and Chatterton 1984) et en Iraq (Radwan *et al.* 1978). Malgré un grand optimisme et des efforts considérables, toutes les tentatives visant l'adoption des medics ont échoué.

Des connaissances insuffisantes de l'écologie et de la physiologie des medics ont été la cause principale de ces échecs. Par exemple, aussi bien en Algérie (IDGC 1980) qu'en Syrie (Cocks and Ehrman 1987), les cultivars utilisés se sont révélés sensibles au gel. Ces derniers étaient des cultivars commerciaux australiens développés pour les hivers doux de l'Australie du Sud-ouest.

Le présent travail, réalisé en Australie de l'Ouest dans le cadre d'une thèse de doctorat (Bounejmate 1992), a pour objet d'étudier la distribution des medics marocains en relation avec certains facteurs climatiques et édaphiques et d'expliquer les différences observées dans la distribution par des différences physiologiques. L'objectif final est de contribuer à la définition de l'aire où les medics peuvent être cultivées avec succès et de fournir des informations utiles pour l'établissement de stratégies de sélection de cultivars adaptés aux différentes régions du Maroc et à d'autres régions méditerranéennes.

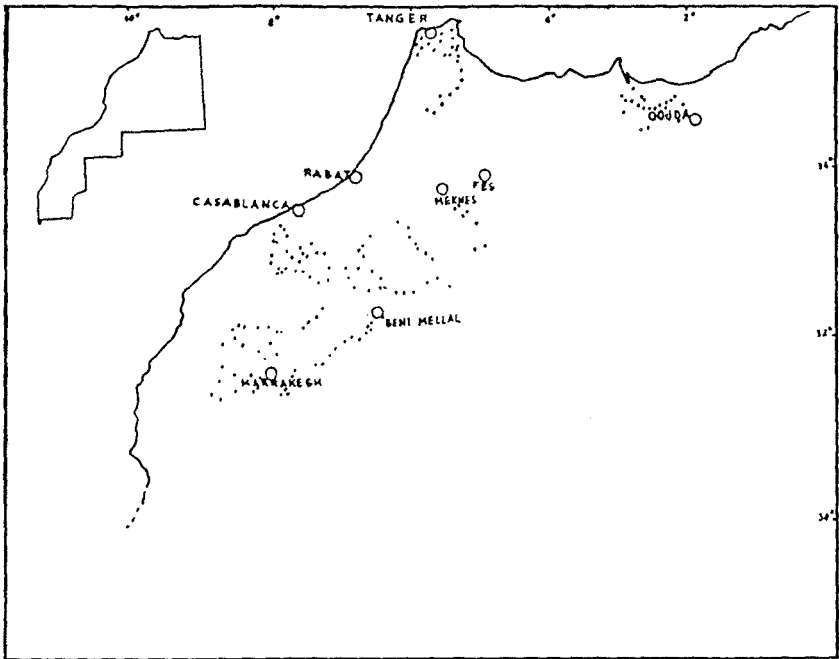
---

\* Programme Fourrages/INRA, B.P. 415, Rabat

## MATERIEL ET METHODES

Des prospections pour la collecte des espèces annuelles du genre *Medicago* ont été effectuées en 1988 dans six régions agricoles du Maroc, où 161 sites ont été échantillonnés (figure 1), et où l'on a noté la présence des espèces et le rendement en graines.

Le matériel collecté a été ensuite utilisé dans plusieurs essais en serre, pour étudier la réponse des écotypes à certains facteurs édaphiques et climatiques liés à leur origine géographique, notamment le pH, la teneur du sol en azote et en phosphore ainsi que la température hivernale du site de collecte (Voir Bounejmate 1992 pour le détail des méthodes utilisées).



Echelle  
1:1000000

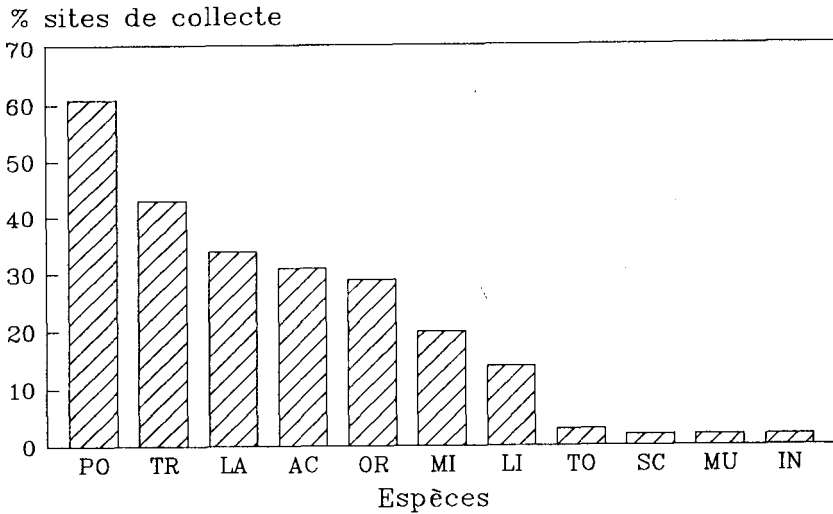
Fig. 1: Localisation de 161 sites de collecte au Maroc

# RESULTATS

## Espèces et leur abondance

Onze espèces ont été trouvées. *Medicago polymorpha* et *M. truncatula* ont été les espèces les plus fréquentes (figure 2).

Le rendement moyen en semences pour l'ensemble des sites a été de  $12,6 \text{ kg ha}^{-1}$ . Dans environ 60 % des cas, le rendement total en semences est de moins de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  avec un rendement maximum de l'ordre de  $169 \text{ kg ha}^{-1}$ .



**Fig. 2:** Fréquence des différentes espèces annuelles du genre *Medicago* trouvées sur 161 sites au Maroc

PO = *M. polymorpha*; TR = *M. truncatula*; LA = *M. laciniata*; AC = *M. aculeata*; OR = *M. orbicularis*; MI = *M. minima*; LI = *M. littoralis*; TO = *M. tornata*; SC = *M. scutellata*; MU = *M. murex*; IN = *M. intertexta*.

## Distribution en relation avec le sol et le climat

La distribution des espèces de medics est contrôlée aussi bien par les facteurs édaphiques que climatiques. En terme de présence ou d'absence, seules *M. truncatula* et *M. minima* sont indépendantes des différences édapho-climatiques entre sites.

## Influence des facteurs climatiques

La présence de cinq espèces est significativement corrélée avec la pluviométrie du site de récolte. *M. intertexta* a été trouvée seulement dans les zones à pluviométrie élevée, *M. murex* et *M. aculeata* dans les zones à pluviométrie moyenne, alors que *M. laciniata*, *M. littoralis* et *M. tornata* sont associées à des sites de faible pluviométrie (tableau 1).

La température a un effet significatif sur deux espèces: *M. intertexta* est confinée aux zones à hivers et étés doux ; alors que *M. laciniata* est limitée aux zones à étés très chauds.

**Tabl. 1: Influence des facteurs climatiques sur la présence des espèces annuelles de *Medicago***

Espèce	m (°C)			M (°C)			Pluviométrie(mm)		
	P	A	S	P	A	S	P	A	S
<i>M. aculeata</i>	4,2	4,8	ns	34,1	33,9	ns	550	434	+
<i>M. intertexta</i>	8,2	4,5	+++	27,0	34,2	+++	733	465	+
<i>M. laciniata</i>	4,3	4,8	ns	36,0	33,0	+++	322	548	+++
<i>M. littoralis</i>	4,7	4,6	ns	35,0	33,9	ns	325	453	+++
<i>M. minima</i>	4,4	4,6	ns	33,3	34,2	ns	526	456	ns
<i>M. murex</i>	6,8	4,6	ns	30,0	34,1	ns	657	466	ns
<i>M. orbicularis</i>	4,1	4,8	ns	34,9	33,7	ns	458	475	ns
<i>M. polymorpha</i>	4,7	4,4	ns	33,9	34,3	ns	502	420	ns
<i>M. M. scutellata</i>	3,9	4,6	ns	35,9	34,0	ns	689	466	ns
<i>M. tornata</i>	4,6	4,6	ns	31,3	34,1	ns	345	474	++
<i>M. truncatula</i>	4,5	4,7	ns	34,4	33,8	ns	433	498	ns

**P:** Moyenne des sites où l'espèce est présente. **A:** Moyenne des sites où l'espèce est absente. **S:** niveau de signification. **ns** non significatif. **+**: significatif à  $P < 0,05$ . **++**: significatif à  $P < 0,01$ , et **+++**: significatif à  $P < 0,001$ . **m:** Moyenne des températures minima du mois le plus froid. **M:** Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

## Influence des facteurs édaphiques

La présence de la majorité des espèces est influencée par la texture du sol (tableau 2). *M. aculeata*, *M. orbicularis* et *M. polymorpha* ont été associées avec des sols à teneur en argile élevée. Dans les sites où *M. laciniata*, *M. littoralis* et *M. tornata* ont été trouvées, la teneur en argile était significativement inférieure à celle des sites où ces espèces étaient absentes.

Le pH du sol semble affecter la présence de deux espèces: *M. laciniata* et *M. littoralis* ont été trouvées dans des stations à pH plus élevé.

La présence de *M. tornata* et de *M. murex* est associée à des teneurs faibles en carbonate de calcium.

La présence de *M. laciniata* et de *M. orbicularis* était associée avec des teneurs en phosphore élevées à l'inverse de *M. intertexta* trouvée sur des sols très pauvres en phosphore.

**Tabl. 2: Influence des facteurs édaphiques sur la présence des espèces annuelles de *Medicago***

Espèce	pH			Argile (%)			Phosphore(μ/g)			CaCO <sub>3</sub> (%)		
	P	A	S	P	A	S	P	A	S	P	A	S
<i>M. aculeata</i>	7,1	7,0	ns	32,4	24,6	+	24,5	18,5	ns	12,1	11,7	ns
<i>M. intertexta</i>	7,2	7,1	ns	50,6	26,5	ns	6,1	20,6	+	6,3	11,9	ns
<i>M. laciniata</i>	7,3	6,9	+++	21,6	29,4	+++	21,6	17,4	+	14,6	10,2	ns
<i>M. littoralis</i>	7,4	7,0	++	17,8	28,4	+	19,3	20,5	ns	15,7	11,1	ns
<i>M. minima</i>	7,2	7,0	ns	28,0	26,7	ns	18,8	20,8	ns	14,4	11,2	ns
<i>M. murex</i>	6,5	7,1	ns	19,0	27,1	ns	7,3	20,6	ns	0,4	12,1	+++
<i>M. orbicularis</i>	7,1	7,1	ns	36,2	23,2	+++	31,6	15,9	++	14,1	10,9	ns
<i>M. polymorpha</i>	7,0	7,2	ns	32,0	19,2	+++	22,7	16,8	ns	11,4	12,5	ns
<i>M. M. scutellata</i>	7,4	7,1	ns	33,7	26,7	ns	41,0	20,1	ns	6,6	11,9	+
<i>M. tornata</i>	6,9	7,1	ns	10,2	27,5	++	13,5	20,6	ns	1,3	12,2	+++
<i>M. truncatula</i>	7,1	7,1	ns	28,7	25,7	ns	21,8	19,3	ns	14,0	10,2	ns

**P:** Moyenne des sites où l'espèce est présente. **A:** Moyenne des sites où l'espèce est absente. **S:** niveau de signification. ns non significatif. +: significatif à  $P < 0,05$ . ++: significatif à  $P < 0,01$ , et +++: significatif à  $P < 0,001$ .

### Réaction au pH d'écotypes de *M. truncatula* collectés sur des sites de différents pH

Dans un essai en serre, les écotypes de *M. truncatula* ont varié énormément en leur croissance et leur capacité de nodulation sur sols acides. L'élévation du pH du sol de 4,5 à 5,4 s'est traduite par l'augmentation de la production de matière sèche (tableau 3), et du nombre de nodules formés par plante (tableau 4) pour *Cyprus*, M2, M3 et M5 mais pas pour M1 et M4. Pour Zodiac, l'élévation du pH a entraîné une baisse du rendement en matière sèche.

**Tabl. 3: Effet du pH du sol sur le rendement relatif en matière sèche (% du rendement maximal) pour sept écotypes de *Medicago***

pH du sol	Cyprus	Zodiac	M1	M2	M3	M4	M5
4,5	58c	100a	100a	89b	72b	100a	87b
4,9	71b	100a	96ab	94ab	90a	91a	100a
5,4	100a	86b	99a	100a	100a	92a	93ab
7,0	63bc	70c	90a	78c	97a	73b	76c

Les données à l'intérieur des colonnes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes. Les écotypes M1 à M5 étaient collectés sur des sites à pH (KCl) 6,2; 6,5; 7,0; 7,1 et 7,8 respectivement.

**Tabl. 4: Effet du pH du sol sur le nombre de nodules par plante (% du nombre maximum) pour sept écotypes de Medicago**

pH du sol	Cyprus	Zodiac	M1	M2	M3	M4	M5
4,5	54c	90a	100a	62c	50c	98a	62c
4,9	89a	88a	91ab	88ab	76b	100a	86b
5,4	100a	100a	83b	100a	100a	94a	100a
7,0	77b	88a	57c	84b	78b	73b	96ab

Les données à l'intérieur des colonnes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes.

### **Effet du nitrate sur la nodulation d'écotypes de *M. truncatula* collectés sur des sols de différents teneurs en azote**

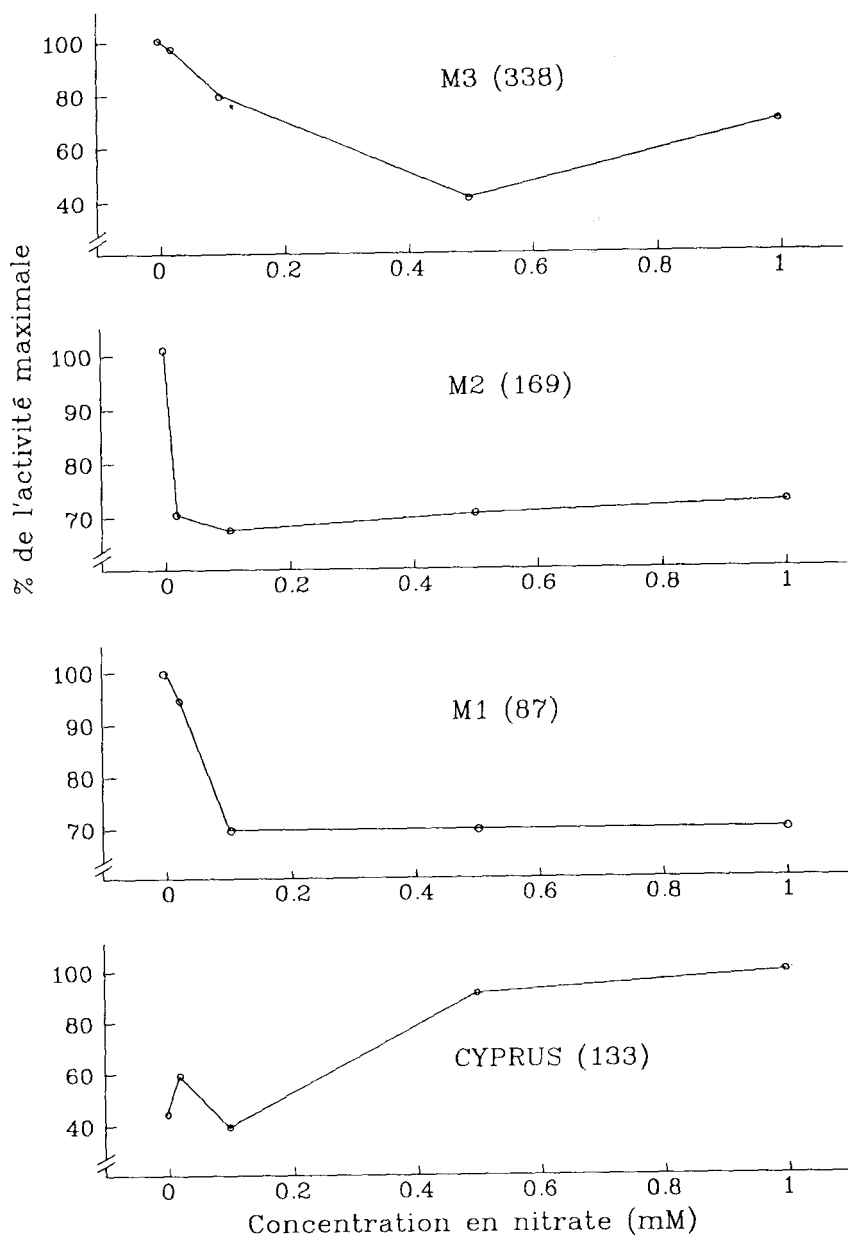
Pour l'ensemble des écotypes, une augmentation de la concentration en nitrate a entraîné une diminution du nombre de nodules formés par plante. Toutefois, à la concentration élevée (1 M  $\text{NO}_3^-$ ), de grandes différences ont été observées entre écotypes (tableau 5). Alors que les écotypes M3 et M4 ont produit moins d'un nodule par plante, M1 a produit 8 nodules.

**Tabl. 5: Nodules par plante de cinq écotypes de *M. truncatula* produits à cinq concentrations de nitrate**

Traitement ( $\mu\text{M NO}_3^-$ )	Cyprus	M1	M2	M3	M4
0	11,6a	19,3a	11,0a	6,7a	9,3a
20	8,5ab	14,1bc	6,7a	4,7ab	5,2b
100	8,1ab	16,2ab	7,4a	3,4abc	3,8bc
500	7,9bc	11,8cd	2,4b	2,2bc	2,3bc
1000	4,4c	8,0d	2,6b	0,7c	0,8c

Les données à l'intérieur des colonnes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes. Les écotypes M1 à M4 étaient collectés sur des sites dont les teneurs en azote total étaient de 0,11; 0,24; 0,35 et 0,42 respectivement.

L'effet du nitrate sur la capacité inductive des exsudats racinaires sur les gènes de nodulation a été aussi variable avec les écotypes (figure 3). Les exsudats de *Cyprus* ont induit une activité maximale aux teneurs élevées en nitrate. A l'inverse, une augmentation du niveau de nitrate a entraîné une diminution de l'activité des 3 écotypes marocains. L'écotype M3 a été le plus sévèrement affecté, puisque la capacité inductive des exsudats produits à 0,5 mM  $\text{NO}_3^-$  a été seulement de 30% de celle des exsudats produits sans addition de nitrate.



**Fig. 3:** Effet de la concentration en nitrate sur l'activité d'induction des gènes de nodulation d'exsudats de racines de différents écotypes de *M. truncatula* (Les unités de  $\beta$ -galactosidase produites par chaque écotype sont données entre parenthèses.)

## **Réponse au phosphore d'écotypes de *M. truncatula* récoltés sur des sols de différents teneurs en phosphore**

La réponse de sept écotypes marocains de *M. truncatula* récoltés sur des sols avec différentes teneurs de phosphore, est illustrée dans la figure 4. Les écotypes originaires de sols pauvres en phosphore ont mieux réagi aux doses faibles de phosphore que les écotypes originaires de sols riches en phosphore.

La quantité de phosphore nécessaire pour obtenir 90% du rendement maximum a aussi varié avec les écotypes (figure 5). Les écotypes originaires de sols riches en phosphore ont nécessité des quantités de phosphore substantiellement supérieures à celles demandées par les écotypes originaires de sols pauvres et par le cultivar commercial *Cyprus*, pour atteindre une croissance maximale.

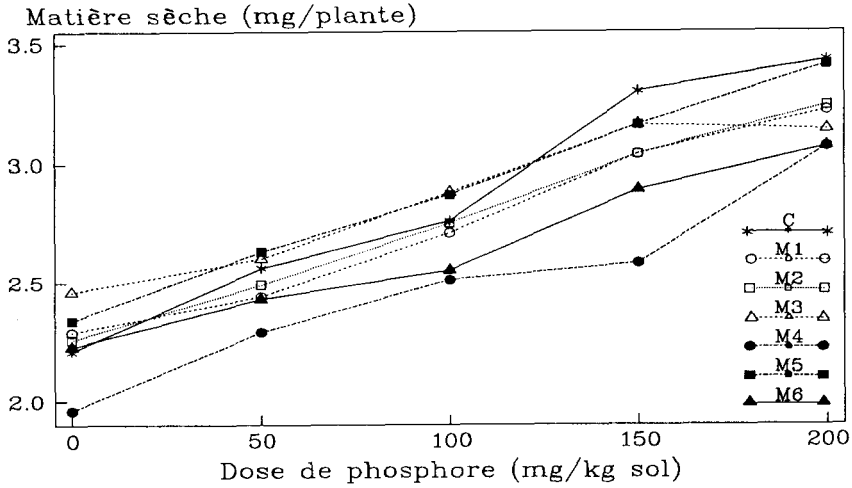
## **Réponse à la température d'écotypes de *M. truncatula* et *M. aculeata* collectés sur des sites de différentes températures hivernales**

Sous trois régimes de températures, les écotypes des deux espèces récoltés dans les régions à hiver doux, ont donné des rendements supérieurs à ceux des écotypes provenant de régions à hiver froid. La matière sèche des parties aériennes des écotypes de *M. aculeata* collectés dans des régions à hivers doux a diminué avec l'augmentation de la température (figure 6).

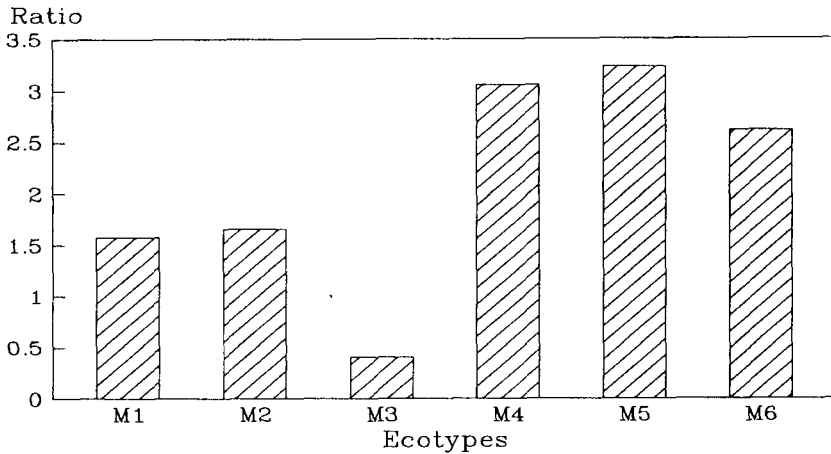
## **Tolérance au gel d'écotypes de *M. truncatula* et *M. aculeata* collectées sur des sites de différentes températures hivernales**

L'action du gel (-2 à -3°C pendant quatre heures) a été testé sur des écotypes de *M. truncatula* et *M. aculeata*. Ces températures basses ont entraîné la mort de presque toutes les plantes des écotypes issus de régions à hiver doux (figure 7). Pour les deux espèces testées, le taux de survie a été inversement corrélé à la température minimale de la station de récolte.

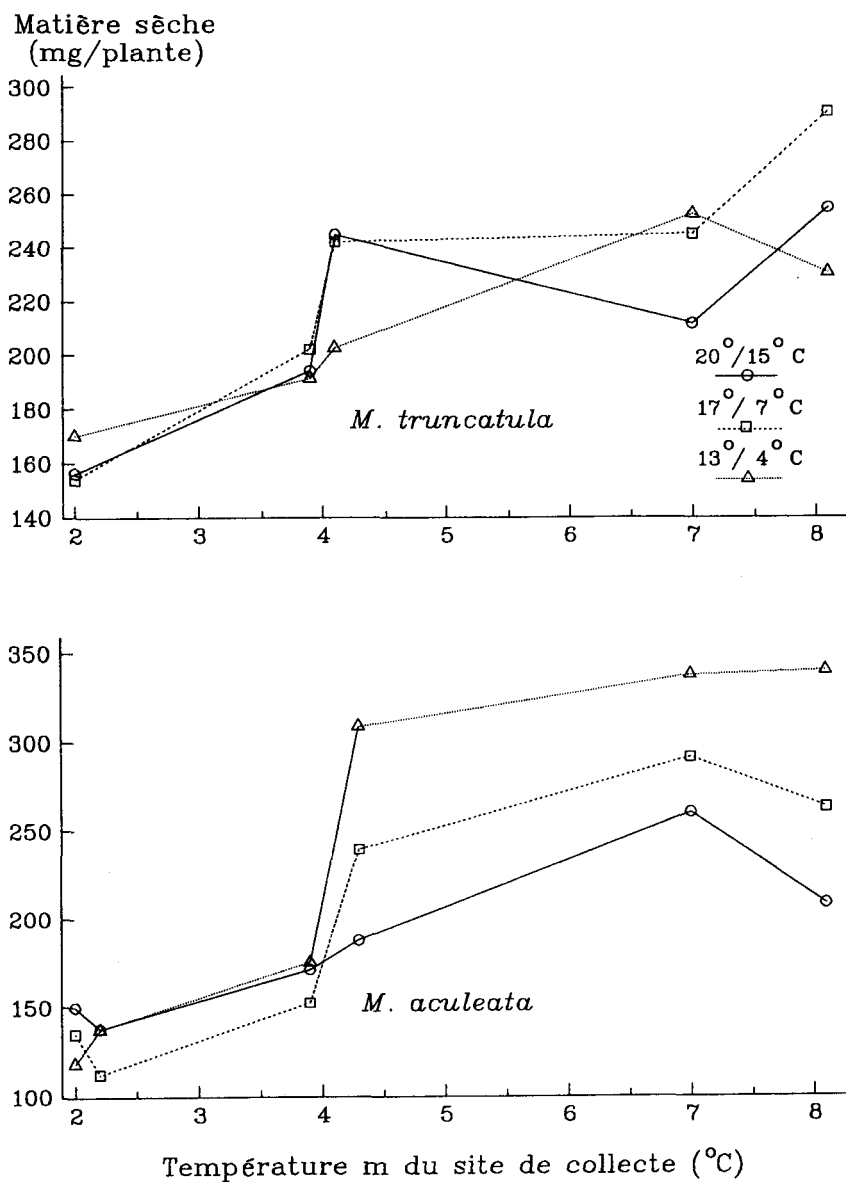




**Fig. 4:** Effet du phosphore sur la production en matière sèche de sept écotypes de *M. truncatula*. Les écotypes M1 à M6 étaient collectés sur des sites dont les teneurs ( $\mu\text{g/g}$ ) en phosphore étaient de 2,6; 7,9; 16,1; 23,1; 36,7 et 69,8 respectivement. C est le cultivar Cyprus.



**Fig. 5:** Ratio des niveaux de phosphore requis par six écotypes marocains de *M. truncatula* pour atteindre 90% de croissance maximale par rapport à celui requis par le cultivar commercial Cyprus



**Fig. 6:** Production en matière sèche de cinq écotypes de *M. truncatula* (en haut) et de six écotypes de *M. aculeata* (en bas) collectés sur des sites de différentes températures hivernales sous trois régimes de température: 20/15 (- -), 17/7 (· ·) et 13/4 °C (- · - ·).

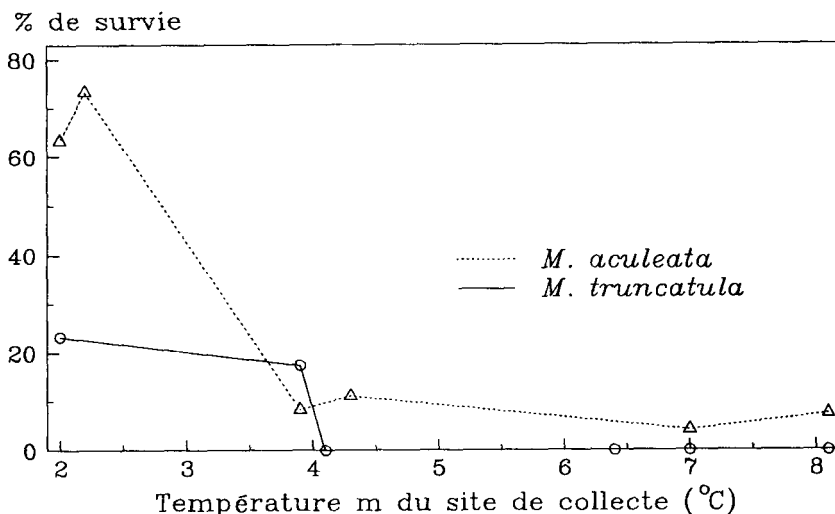


Fig. 7: Relation entre le pourcentage de survie de plantes de *M. truncatula* (---) et de *M. aculeata* (- -) soumises à un test de gel et moyenne de la température minima du mois le plus froid du site de collecte.

## DISCUSSION

### Espèces et leur abondance

Alors que dix huit espèces annuelles du genre *Medicago* ont été décrites dans les études de Nègre (1956; 1959) sur les luzernes du Maroc ; aucune des études postérieures (Bounejmate *et al.* 1992) n'a fait état d'autant d'espèces. Les résultats de notre étude et ceux de la récolte récente de Cremer (1991) confirment la présence actuelle de seulement douze espèces. Ceci suggère que certaines espèces ont disparu ou sont devenues très rares. C'est le cas notamment de *M. rigidula*, *M. rotata*, *M. secundiflora* et de l'espèce endémique *M. sauvagei*.

Un autre résultat important qui ressort de cette étude est la nécessité de vérifier sur des plantes vivantes l'identification des espèces faite sur des gousses au moment des collectes. Ainsi, entre 1983 et 1987 plusieurs chercheurs ont indiqué la présence de *M. rigidula* au Maroc qui a été certainement incorrectement identifiée. En effet, quand nous avons observé en plantes isolées les écotypes identifiés comme *M. rigidula* dans les récoltes de 1983 à 1987, tous ont présenté un pédoncule aristé comme c'est le cas chez *M.*

*aculeata*. Ce résultat a été confirmé par l'examen du nombre de chromosomes, puisque tous ces écotypes possédaient 16 chromosomes (El Mousaddik 1991). De plus, des essais faits sur deux sites au Maroc (Bounejmate 1990; Bätke 1990) ont montré que *M. rigidula* ne peut croître normalement sans addition de *Rhizobium*, ce qui indique que cette espèce a été absente pendant une longue période.

## Aire de répartition des luzernes annuelles

La présente étude a clairement montré que les luzernes annuelles sont naturellement réparties sur une gamme très variée de conditions édapho-climatiques, et que les espèces diffèrent largement dans leurs préférences pour les sols et les climats.

*M. polymorpha*, bien que rare dans les régions à pluviométrie inférieure à 300 mm et sur sols sableux, est l'espèce la plus répandue. Elle est donc très prometteuse, d'autant plus qu'elle se régénère très bien dans les systèmes où la fréquence des cultures est élevée (Francis 1987). Malheureusement, tous les écotypes marocains collectés ont des gousses épineuses, ce qui limite son utilisation à court terme. *M. scutellata*, rencontrée dans les régions bien arrosées, sur des sols à texture fine et riches en phosphore, ne devra avoir qu'une priorité secondaire, en raison de sa rareté et de sa faible abondance. Un autre résultat important réside dans le fait que *M. truncatula* a été trouvée dans des conditions édapho-climatiques beaucoup plus variées que celles précédemment considérées.

Certaines espèces ont été rencontrées dans des conditions écologiques difficiles. *M. tornata* et *M. murex* peuvent jouer un rôle important sur les sols peu fertiles, puisque elles occupent des sites avec des pH, des teneurs en phosphore, en calcium et en argile plus faibles que ceux des autres espèces.

L'adaptation des espèces non encore commercialisées mérite d'être discutée. *M. aculeata* est très fréquente et constitue l'espèce la plus répandue dans les régions à hiver froid. Elle est associée à des sols fertiles, possède plusieurs écotypes à gousses non épineuses, et a certainement une niche écologique. Bien que possédant des gousses larges plus facilement accessibles aux dents des animaux, le géotropisme positif des pédoncules peut jouer un rôle important dans la persistance de l'espèce. *M. orbicularis* occupe des sites similaires que *M. aculeata* mais a été aussi trouvée sur des sols superficiels dans des zones moins arrosées. En raison de son adaptation aux basses températures, aux pluviométries faibles, et de son pourcentage très élevé de graines dures (Crawford 1976), cette espèce mérite une plus grande attention dans les programmes de sélection. *M. intertexta* est une espèce adaptée aux zones bien arrosées à climat doux, survit mieux que la majorité des autres espèces sur sols hydromorphes (Francis and Poole 1973) et salés (Greenway and Andrew 1962), et peut être utilisée dans ce type de sol. *M. laciniata* est

une espèce très prometteuse pour les zones les moins arrosées. Elle a montré un taux de survie exceptionnel dans des conditions difficiles et a été trouvée sur des sols superficiels dans des zones de très faible pluviométrie (Gintzburger and Blesing 1979). *M. laciniata* peut être particulièrement utile pour l'amélioration des parcours en zones arides ou utilisée en rotation avec l'orge dans ces régions afin d'augmenter sa productivité et la stabilité des systèmes.

Des possibilités considérables existent pour étendre l'aire de culture des luzernes annuelles, et ce, à travers le développement de cultivars appartenant à plusieurs espèces. Toutefois, et outre le facteur variétal, d'autres contraintes techniques et socio-économiques freinent l'adoption du système ley-farming dans la région méditerranéenne (Riveros *et al.* 1989). L'extension du système ley-farming dépendra en définitive des efforts entrepris pour surmonter ces contraintes.

## **Relation entre l'origine géographique et la réponse aux facteurs édaphiques et climatiques**

La présente étude a mis en évidence l'existence d'une relation nette entre les réponses des divers écotypes aux facteurs édaphiques et climatiques et leur origine géographique. La nodulation en présence de nitrate, la réponse au phosphore, à la température et la réaction au gel sont corrélés respectivement à la teneur en azote, en phosphore et à la température hivernale du site de récolte. Des résultats similaires ont été obtenus par Burt *et al.* (1979; 1980), Cocks and Ehrman (1987) et Ehrman and Cocks (1990).

L'effet majeur de l'origine géographique sur les réactions des écotypes de *Medicago* aux facteurs souligne l'importance de sélectionner pour une région donnée, des cultivars parmi des écotypes issus de régions ayant les mêmes conditions édapho-climatiques. Ceci évitera une perte d'efforts humains et matériels nécessaires pour tester un grand nombre d'écotypes non appropriés pour les besoins immédiats.

## **RESUME**

Des prospections pour la collecte des espèces annuelles du genre *Medicago* ont été effectuées en 1988 par l'échantillonnage de 161 sites dans six régions agricoles du Maroc. Le matériel récolté a été ensuite utilisé dans plusieurs essais en serre, pour étudier la réponse d'écotypes à certains facteurs édaphiques et climatiques, en relation avec leur origine géographique, notamment le pH, la teneur du sol en azote, en phosphore, et la température hivernale du site considéré.

Onze espèces ont été trouvées. *Medicago polymorpha* et *M. truncatula* ont été les espèces les plus fréquentes. Le rendement moyen en semences pour l'ensemble des sites a été de 12,6 kg ha<sup>-1</sup>.

La distribution des espèces de medics est contrôlée aussi bien par les facteurs édaphiques que climatiques. En terme de présence ou d'absence, seules *M. truncatula* et *M. minima* sont indépendantes des différences édapho-climatiques entre sites.

Les écotypes de *M. truncatula* varient énormément dans leur croissance et leur capacité de nodulation sur sols acides. La nodulation est la phase la plus sensible puisque une élévation du pH du sol de 4,5 à 5,4 se traduit par une augmentation du nombre de nodules formés par plante pour les écotypes sensibles.

Une relation nette entre la capacité de noduler en présence de nitrate et la teneur en azote du site de récolte a été observée chez *M. truncatula*. Les écotypes provenant des sites à faible teneur en azote, nodulent mieux que ceux des stations où les sols sont plus riches en azote. La production d'exsudats racinaires capables d'induire la transcription des gènes de nodulation a été généralement modifiée par la concentration en nitrate.

Les écotypes de *M. truncatula* diffèrent significativement dans leurs réponses à l'addition de phosphore, et cette réponse est corrélée à la teneur en phosphore de la station. En général, les écotypes originaires de sols pauvres en phosphore ont mieux réagi à des doses faibles de cet élément et ont exigé des doses inférieures à celles exigées par les écotypes récoltés sur des sols plus riches en phosphore et ce, pour atteindre une croissance maximale.

Sous trois régimes de températures, les écotypes de *M. truncatula* et *M. aculeata* provenant de régions à hiver doux ont donné des rendements supérieurs à ceux des écotypes issus des régions à hiver froid. Aussi, et pour les deux espèces, les écotypes des régions à hiver froid se sont révélés plus tolérants au gel que les ceux rencontrés dans les régions à hiver doux. Les écotypes de *M. aculeata* ont été plus tolérants au gel que ceux de *M. truncatula*.

En conclusion, il existe au Maroc des possibilités énormes pour l'extension de l'aire de culture des luzernes annuelles. La relation nette entre la réaction de divers écotypes aux facteurs édaphiques et climatiques et leur origine géographique peut être exploitée pour développer des cultivars adaptés aux différentes régions édapho-climatiques. L'érosion génétique de *Medicago* est en train de se produire et des efforts de sauvegarde sont nécessaires.

**MOTS CLES:** Abondance, basses températures, climat, distribution, écotype, gel, Maroc, *Medicago* spp., nitrate, pH bas, phosphore, sol.

## SUMMARY

An ecogeographic survey of the distribution of annual medics in Morocco was conducted in 1988 by sampling 161 sites within six agricultural zones. The material collected was used in several glasshouse experiments to study the response of ecotypes to soil and climatic factors in relation to their geographic origin, particularly soil pH, soil nitrogen content, soil phosphorus content and winter temperature at site of collection.

In the ecogeographic survey, eleven medic species were recorded. *M. polymorpha* and *M. truncatula* were the most frequent. The average seed yield for all collection sites was 12.6 kg ha<sup>-1</sup>.

Both soil and climate were major controls of the distribution of medic species. In terms of presence or absence, only *M. truncatula* and *M. minima* were found to be independent of differences in soil types and climate between sites.

Ecotypes of *M. truncatula* varied greatly in their ability to grow and nodulate on acid soils. Nodulation was the most sensitive step as nodule numbers decreased with increasing acidity for sensitive ecotypes. Several ecotypes were more able to nodulate at low pH than the commercial cultivar Cyprus.

There was a clear relationship between nodulation response to nitrate of *M. truncatula* ecotypes, and the nitrogen status at the site of collection. Ecotypes from soils with low nitrogen content nodulated better in the presence of nitrate than those from soils of high nitrogen content. The production of root exudates able to induce the transcription of nodulation genes was generally modified by the concentration of nitrate.

There were significant differences between ecotypes of *M. truncatula* in their responses to both low and high P levels and these differences were related to differences in the soil P status at the site where ecotypes were collected. As a group, ecotypes collected from low P soils were generally more responsive to low P levels but these ecotypes needed less P to achieve near-maximum growth than ecotypes from high P soils.

Under different temperature regimes, ecotypes of *M. truncatula* and *M. aculeata* collected from mild winter sites produced more shoot dry matter than those from cold environments. Also and for both species, ecotypes from cold environments were significantly more frost tolerant than those from mild

environments. *M. aculeata* ecotypes were more frost tolerant than those of *M. truncatula*.

It was concluded that genetic erosion is occurring, and that there is a scope for selecting species and cultivars adapted to a wider range of environments. The value of the relationship between response of ecotypes to soil and climatic factors and their geographic origin was discussed.

**KEY WORDS:** Abundance, climate, distribution, ecotype, frost, low temperature, *Medicago* spp., Morocco, low pH, nitrate, nodulation, phosphorus, soil.

## REMERCIEMENTS

Mes vifs remerciements vont à Messieurs H. FARAJ et C. BÄTKE pour avoir bien voulu revoir le manuscrit.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bätke, C. (1990). Région d'Oulmès. Dans "Rapport annuel 1987/88, Programme Fourrages". pp. 113-5. (INRA/GTZ, Rabat).
- Bounejmate, M. (1990). Région de Rabat (El Koudia). Dans "Rapport annuel 1987/88, Programme Fourrages". pp 144-5. (INRA/GTZ, Rabat).
- Bounejmate, M. (1992). Soil and climatic factors affecting the natural distribution of annual *Medicago* species in Morocco. Ph. D. thesis, The University of Western Australia.
- Bounejmate, M., Beale, P.E., and Robson, A.D. (1992). Annual *Medicago* species in Morocco. I. Species and their abundance. *Aust. J. Agri. Res.* **43**, 739-49.
- Chatterton, B., and Chatterton, L. (1984). Alleviating land degradation and increasing cereal and livestock production in North Africa and the Middle East using annual *Medicago* pastures. *Agric. Ecosystems. Environ.* **11**, 117-29.
- Cocks, P.S., Mathison, M. J., and Grawford, E.J. (1980). From wild plants to pasture cultivars: annual medics and subterranean clovers in southern Australia. In "Advances in Legume Science". (Eds. R.J. Summerfield and A.H. Bunting) pp. 569-96. (Ministry of Agriculture and Fisheries, London).



- Cocks, P.S., and Ehrman, T.A.M. (1987). The geographic origin of frost tolerance in Syrian pasture legumes. *J. Appl. Ecol.* **24**, 678-83.
- Cremer-Bach, M., (1992). Verbreitung und Eigenschaften annueller *Medicago spec.* - Ökotypen in Marokko. Thèse de Doctorat, Gießen.
- Gintzburger, G, and Blesing, L. (1979). Genetic Conservation in Libya. Part III: Indigenous forage legumes collection in northern Libya (Spring 1978). Distribution and ecology of *Medicago* spp. FAO ARC Acc. No. 235/79. (FAO, Rome).
- Heyn, C.C. (1963). The annual species of *Medicago*. Scripta Hierosolymitana **12**, 1-154. (Magna Press: Jerusalem).
- ICARDA (1982). Pasture, Forage and Livestock Program. Annual Report 1982. (Aleppo, Syria).
- IDGC (1980). Synthèse de la recherche et de l'exploitation du *Medicago* 1972/79. Céréaliculture **13**, 18-26. (Alger).
- Mouaffak, M.L. (1976). L'expérience tunisienne dans le domaine de l'assolement céréales/légumineuses fourragères. p.p. 264-5. Proceedings of the third Regional Wheat Workshop, Tunis, 1975. (Cimmyt: Mexico).
- Nègre, R. (1956). Les luzernes du Maroc. Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Maroc, Série Botanique **5**, 1-120.
- Nègre, R. (1959). Révision des *Medicago* d'Afrique du Nord. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord **50**, 267-314.
- Radwan, M.S., Al Fakhry, A.K., and Al Hassan, A.M. (1978). Some observations on the performance of annual medics in Northern Iraq. Mesopotamia *J. Agric.* **13**, 55-67.
- Riveros, F., Crespo, D., and Ben Ali, M.N. (1989). Constraints to introducing the ley farming system in the Mediterranean basin. 12 p. Workshop on Introduction of the Ley Farming System into the Mediterranean Basin, June 1989, Perugia, Italy.
- Trumble, H. C., and Donald, C.M. (1938). Soil factors in relation to the distribution of subterranean clover and some alternative legumes. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* **4**, 206-8.