

# Effet de la salinité sur la production et la qualité fourragère de populations de luzerne dans la région de Marrakech (Maroc)

M. Farissi<sup>1,2</sup>, C. Ghoulam<sup>2</sup>, A. Bouizgaren<sup>1</sup>

**Au Maroc, la luzerne représente 22 % de la superficie en cultures fourragères et 50 % des unités fourragères totales. Cette culture, essentielle pour les systèmes d'élevage traditionnels, est menacée dans de nombreuses zones par la salinisation croissante des sols et des eaux d'irrigation. L'étude de sa grande diversité génétique offre des perspectives.**

## RÉSUMÉ

L'effet de la salinité sur le rendement fourrager et sur la qualité du fourrage a été étudié chez 4 populations marocaines de *Medicago sativa* L. La culture (en plein champ) a été irriguée ; le traitement salin consistait en l'ajout de 7 g/l NaCl à l'eau d'irrigation. Les mesures sur les plantes ont été réalisées pendant 3 coupes successives. Les résultats obtenus ont montré que la salinité a négativement affecté le rendement fourrager (réductions de 19,34 à 25,65 %) et la qualité du fourrage (réductions du rapport feuilles/tiges et de la teneur des plantes en protéines et en azote). Des différences significatives entre les populations étudiées ont été constatées, la population Tata s'avérant la plus tolérante aux conditions de salinité appliquées.

## SUMMARY

### **The effect of salinity on yield and forage quality of alfalfa populations in the Marrakech region (Morocco)**

In Morocco, alfalfa is a key crop in traditional farming systems; however, yields are threatened in many areas because soils and irrigation water are becoming increasingly saline. The effect of salinity on alfalfa yield and forage quality was examined using three successive harvests of four Moroccan alfalfa populations. The crops, grown in fields, were irrigated; plants in the treatment group received saline water (7 g/l NaCl). The results show salinity had a negative effect on alfalfa yield (which was 19.34 to 25.65% lower in the treatment group) and forage quality (plants had reduced leaf-to-stem ratios and lower protein and nitrogen contents). Significant differences among alfalfa cultivars were observed: the Tata population was the most tolerant of the experimental saline conditions.

**E**n région méditerranéenne, la luzerne (*Medicago sativa* L.) est la principale légumineuse fourragère. Elle est largement impliquée dans les agrosystèmes en raison de sa fixation symbiotique de l'azote et de sa richesse en protéines. Au Maroc, sa culture occupe plus de 22 % de la superficie totale destinée aux cultures fourragères et représente 50 % des unités fourragères totales (BOUIZGAREN, 2007). **Les populations locales** de cette culture sont largement **utilisées dans les agrosystèmes traditionnels marocains** (des oasis et des montagnes) où l'élevage contribue fortement au développement socio-éco-

nomique des familles locales (FARISSI *et al.*, 2011, 2013a, 2013b, 2013c). Par conséquent, dans ces régions, la viabilité économique des exploitations et la durabilité des écosystèmes dépendent de la capacité des ressources fourragères à résister aux conditions climatiques difficiles.

Ce matériel autochtone est caractérisé par une **grande diversité génétique**, la tolérance aux stress biotiques et l'adaptation aux différentes conditions pédoclimatiques marocaines (BOUIZGAREN, 2007). Cependant, la richesse de ce patrimoine génétique est **actuellement de plus en plus**

## AUTEURS

1 : Laboratoire d'Amélioration Génétique des Plantes, UR Amélioration des Plantes et Qualité, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), BP 533, Marrakech 40000 (Maroc) ; farissimohamed@gmail.com

2 : Equipe de Biotechnologie Végétale et Agro-physiologie des Symbioses, Faculté des Sciences et Techniques-Guéliz, Université Cadi Ayyad, BP 549, Marrakech 40000 (Maroc).

**MOTS CLÉS** : Facteur édaphique, facteur limitant, luzerne, Maroc, *Medicago sativa*, population de pays, population naturelle, production fourragère, ressources génétiques, stress salin, valeur azotée, variabilité interspécifique, zone méditerranéenne.

**KEY-WORDS** : Alfalfa, edaphic factor, forage production, genetic resources, intraspecific variability, landraces, limiting factor, *Medicago sativa*, Mediterranean region, Morocco, natural population, nitrogen value, salt stress.

**RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE** : Farissi M., Ghoulam C., Bouizgaren A. (2014) : "Effet de la salinité sur la production et la qualité fourragère de populations de luzerne dans la région de Marrakech (Maroc)", *Fourrages*, 219, 271-275.

**menacée par** plusieurs facteurs de l'érosion génétique tels que **la salinisation des sols et des eaux d'irrigation, les sécheresses prolongées et les maladies** (BOUIZGAREN, 2007). Près de 10 millions d'hectares de terres agricoles sont perdus chaque année dans le monde en raison de la salinité (MONIRIFAR et BARGHI, 2009). Comme dans de nombreuses régions du monde (ZHANG *et al.*, 2007), la salinisation continue à s'aggraver dans plusieurs zones agricoles du Maroc (DEBBARH et BADRAOUI, 2002) où la culture de luzerne occupe des superficies importantes.

La stratégie la plus fréquemment envisagée au cours des dernières années pour réduire les effets de la salinité sur la production des plantes est la sélection de génotypes présentant des niveaux élevés d'adaptation. Un changement de populations et de variétés cultivées est donc à anticiper, en poursuivant l'amélioration génétique des espèces (DURAND *et al.*, 2013). Ainsi, le présent travail a pour objectif d'**évaluer l'effet de la salinité sur la production fourragère** et sur quelques critères associés à la qualité fourragère tels que **le rapport feuilles / tiges et les teneurs en azote et en protéines** chez quatre populations marocaines de luzerne.

## 1. Matériel et méthodes

### ■ Description du site

Cette étude a été menée en plein champ au domaine expérimental Saâda de l'Institut National de la Recherche Agronomique, situé à 7 km à l'ouest de la ville de Marrakech, dans une zone agro-écologique, à environ 468 m d'altitude. L'essai a été menée en 2011 sur un sol argilo-limoneux, avec des températures moyennes annuelles maximales et minimales respectivement de 28,7°C et 13,5°C, et des précipitations annuelles totales de 226,54 mm. L'évaluation a été effectuée d'avril à juillet, période caractérisée par la rareté des précipitations associée à des températures élevées.

### ■ Protocole de l'expérimentation et matériel végétal

La superficie totale de l'essai (448 m<sup>2</sup>) a été subdivisée en deux grandes parcelles dont chacune correspond à un traitement donné : **parcelle témoin et parcelle stressée**. A son tour, chaque parcelle a été divisée en 16 parcelles élémentaires de 4 m<sup>2</sup>, séparées entre elles par une allée de 2 m. Le dispositif expérimental adopté est le bloc aléatoire à 4 répétitions.

Le matériel végétal est constitué de **quatre populations marocaines de luzerne** : Tafilalet 1 (Taf 1), Tafilalet 2 (Taf 2), Demnate (Dem) et Tata. Ces populations sont originaires des régions montagneuses (Haut-Atlas) et des oasis marocaines où elles sont cultivées depuis des centaines d'années. Ces populations ont évolué selon un processus évolutif complexe où interviennent notamment la sélection naturelle et humaine et les flux géniques intraspécifiques engendrant, sur des

centaines d'années, une variabilité génétique très importante (FARISSI *et al.*, 2011, 2013a, 2013b, 2013c). Par conséquent, ce matériel génétique local renferme des caractéristiques morphologiques distinctives avec d'autres variétés de luzerne (BOUIZGAREN *et al.*, 2011). Les semences ont été fournies par l'Institut National de la Recherche Agronomique de Marrakech.

### ■ Application du stress salin

Chacune des populations étudiées a été soumise à deux traitements :

- le traitement normal : irrigation avec de l'eau douce une fois par semaine ;

- le traitement stressé : 7 g NaCl/l ont été ajoutés à l'eau d'irrigation.

Les populations ont reçu la quantité d'eau favorable à leur croissance et à leur développement, quantité qui correspond à l'évapotranspiration de la culture. Le stress a été appliqué **pendant trois coupes successives** ; les observations sur les plantes de chaque parcelle ont été réalisées au stade floraison de chaque coupe.

### ■ Evaluation de la production fourragère

A chaque coupe, la production fourragère a été évaluée par pesée de la partie aérienne des plantes de chaque parcelle élémentaire. La biomasse coupée a été pesée et un échantillon de 500 g de matière fraîche (MF) a été séché au four à 70°C pendant 48 h (BOUIZGAREN *et al.*, 2011). La production a été exprimée en tonne de matière sèche (MS) par hectare.

### ■ Evaluation de l'effet du traitement salin sur la qualité fourragère

Le **rapport feuilles / tiges** (F/T) a été déterminé après mesure du poids des feuilles et des tiges de chaque plante sur un total de 10 plantes par répétition. Le dosage de la **teneur en azote** a été effectué selon la méthode de Kjeldahl (FAGHIRE *et al.*, 2011 ; BARGAZ *et al.*, 2012) à partir de 0,5 g de matière sèche. La **teneur en protéines** a été déterminée selon la méthode de BRADFORD (1976). Les **analyses statistiques**, test ANOVA à deux facteurs (ANOVA II) et test de Student-Newman-Keuls, ont été effectuées en utilisant le logiciel SPSS (10.0).

## 2. Résultats

### ■ Effet sur la production fourragère de la luzerne

L'évaluation au champ de l'effet de la salinité sur la production fourragère (MS) a montré que, par comparaison aux conditions d'irrigation sans NaCl, cette contrainte environnementale a engendré des **réductions significatives** ( $P < 0,001$ ) (figure 1). Les réductions les

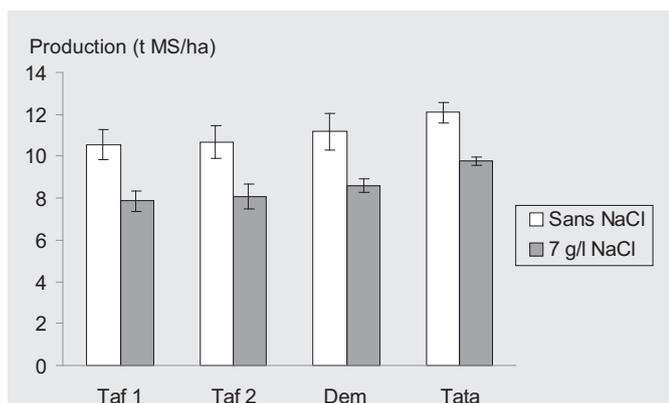


FIGURE 1 : Effet du traitement salin (7 g/l NaCl) sur la production fourragère de 4 populations marocaines de luzerne et erreurs standards (production cumulée de 3 coupes successives, 4 répétitions par population).

FIGURE 1 : Effect of the salinity treatment (7 g/l NaCl) on the yield of 4 Moroccan alfalfa populations and standard error (cumulative yield over 3 successive harvests; 4 replicates per population).

moins importantes ont été signalées chez la population Tata (19,34 %) alors que la population Taf 1 a été la plus affectée (25,65 %) ; les populations Dem et Taf 2 sont intermédiaires (réductions de 23,01 et 24,35 % respectivement).

### ■ Effet de la salinité sur la qualité fourragère de la luzerne

#### • Rapport feuilles / tiges

L'application du traitement salin a engendré une réduction hautement significative ( $P < 0,001$ ) du rapport feuilles / tiges (tableau 1). La comparaison statistique a permis de déceler que **les comportements des populations étudiées de luzerne étaient significativement différents** ( $P < 0,001$ ). En effet, les rapports les plus élevés ont été observés chez la population Tata et les plus faibles chez Taf 1. L'interaction entre Salinité et Population a été également très hautement significative ( $P < 0,001$ ).

#### • Teneur en azote total

Sous conditions salines, les teneurs en azote des plantes ont été **significativement réduites** ( $P < 0,001$  ; tableau 1). Des différences significatives ont été notées également entre les 4 populations. Les **teneurs les plus élevées** ont été enregistrées **chez la population Tata** (42,14 mg/g MS) et les moins importantes chez la population Taf 1 (39,19 mg/g MS).

#### • Teneur en protéines

La teneur des plantes en protéines a été significativement ( $P < 0,001$ ) réduite par le traitement salin (tableau 1). La population **Tata a pu maintenir des teneurs significativement** ( $P < 0,05$ ) **élevées en protéines** (14,99 mg/g MF) comparativement aux autres

populations. Elle est suivie par les populations Dem, Taf 2 et Taf 1 présentant respectivement des teneurs de l'ordre de 14,51 ; 13,87 et 13,80 mg/g MF. L'interaction Salinité x Population était significative ( $P < 0,05$ ).

## 3. Discussion

### ■ L'effet significatif du stress salin sur la production fourragère et l'adaptation de certaines populations de luzerne

L'effet de la salinité sur les plantes se manifeste par un **effet osmotique et / ou ionique** ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) inhibant les différents processus physiologiques et biochimiques qui gouvernent leur croissance et leur développement (FARISSI *et al.*, 2011). Dans ce présent travail, l'évaluation de l'effet de la salinité sur la production et la qualité fourragère, sous conditions au champ, a montré que la contrainte saline a engendré des réductions significatives du rendement fourrager et des critères considérés de la qualité fourragère, avec des comportements variables entre les populations testées. Ainsi, la population Tata a été décelée comme la plus performante, suivie des populations Dem et Taf 2 ; Taf 1 étant la moins tolérante.

**La croissance de la majorité des plantes est réduite ou inhibée quand la concentration en sel (NaCl) dans l'environnement racinaire s'élève au dessus de 100 mM NaCl** (GREENWAY et MUNNS, 1980). Chez les céréales, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un

Population	Sans NaCl	7g/l NaCl	Salinité	Population	S x P
<b>Rapport Feuilles / Tiges</b>					
Taf 1	0,68 <sup>a</sup>	0,49 <sup>a</sup>	75,03***	27,97***	7,71***
Taf 2	0,82 <sup>b</sup>	0,54 <sup>b</sup>			
Dem	0,64 <sup>a</sup>	0,61 <sup>c</sup>			
Tata	0,89 <sup>c</sup>	0,68 <sup>d</sup>			
<b>Teneur en azote (mg/g MS)</b>					
Taf 1	45,29 <sup>a</sup>	39,19 <sup>a</sup>	30,64***	1,56**	3,19*
Taf 2	45,87 <sup>a</sup>	39,88 <sup>a</sup>			
Dem	44,77 <sup>a</sup>	41,56 <sup>ab</sup>			
Tata	44,90 <sup>a</sup>	42,14 <sup>b</sup>			
<b>Teneur en protéines (mg/g MF)</b>					
Taf 1	17,20 <sup>ab</sup>	13,80 <sup>a</sup>	69,77***	2,76*	9,00*
Taf 2	18,60 <sup>b</sup>	13,87 <sup>a</sup>			
Dem	16,90 <sup>a</sup>	14,51 <sup>ab</sup>			
Tata	17,37 <sup>ab</sup>	14,99 <sup>b</sup>			

Dans une même colonne, les populations affectées de la même lettre ne présentent pas de différences significatives selon le test de Student-Newman-Keuls ( $P > 0,05$ ).  
 \*\*\*: très hautement significatif ( $P < 0,001$ ),  
 \*\*: hautement significatif ( $P < 0,01$ ) ; \*: significatif ( $P < 0,05$ ).

TABLEAU 1 : Effet du traitement salin (7 g/l NaCl) sur la qualité du fourrage de 4 populations marocaines de luzerne (production cumulée de 3 coupes successives, 4 répétitions par population).

TABLE 1 : Effect of the salinity treatment (7 g/l NaCl) on the forage quality of 4 Moroccan alfalfa populations (cumulative yield over 3 successive harvests; 4 replicates per population).

seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce ou de la variété (EPSTEIN *et al.*, 1980 ; CRAMER *et al.*, 1994). Chez le haricot, FAGHIRE *et al.* (2011) ont rapporté qu'une concentration de 25 mM NaCl affecte négativement le poids sec, la nutrition minérale des plantes et la fixation symbiotique de l'azote. L'effet de la salinité sur la production de biomasse chez la luzerne et chez d'autres espèces fourragères a été documenté par FARISSI *et al.* (2011, 2013a, 2013c) et NEDJIMI *et al.* (2013). Les travaux rapportés par IBRIZ *et al.* (2004) chez les populations marocaines de luzerne ont montré que le sel entraîne une réduction des productions de matière sèche aérienne et racinaire dès 4 g NaCl/l. Ils ont noté que les luzernes d'origine oasisienne se sont révélées moins productives mais plus tolérantes que la variété australienne Siriver. Dans le même sens, FARISSI *et al.* (2013c) ont i) noté que certaines populations marocaines de luzerne ont développé un niveau élevé d'adaptation aux conditions de la salinité et ii) observé une variabilité de la tolérance entre les origines géographiques des populations et pour une même origine géographique. SAADALLAH *et al.* (2001) ont rapporté que la réduction de la croissance de certains *Medicago* soumis au sel a été liée à une diminution de la surface foliaire.

**La tolérance développée par la population Tata** comparativement aux autres populations **est associée à l'adaptation de cette population aux conditions pédo-climatiques de son agrosystème d'origine** (Oasis Tata), un agrosystème présaharien caractérisé par des conditions environnementales drastiques : salinité et déficit hydrique élevés. Nos travaux antérieurs ont prouvé que la population Tata et les autres populations issues de Oasis Tata telles que Adis-Tata 1 et Adis-Tata 2 ont développé des niveaux élevés de tolérance à la salinité au stade germination et à différents stades de développement (FARISSI *et al.*, 2011, 2013c, 2014).

## ■ Mécanismes et effets du stress salin sur la qualité du fourrage

La qualité du fourrage est directement liée à la quantité de feuilles par rapport aux tiges : la qualité du fourrage diminue lorsque le rapport feuilles / tiges diminue. Ce rapport est donc déterminant pour la digestibilité de la luzerne (VOLENEC et CHERNEY, 1990 ; MAURIÈS, 1994). **L'effet négatif de la contrainte saline sur la teneur en azote total de la luzerne**, constaté dans notre essai, a été déjà documenté par NABIZADEH *et al.* (2011) : il pourrait être induit soit par un effet antagoniste des anions Cl<sup>-</sup> sur l'absorption du nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (BASHIR et ABBASSALI, 2012), soit par un effet néfaste sur les processus de nodulation de la fixation symbiotique d'azote (FAGHIRE *et al.*, 2011) ainsi que sur le métabolisme azoté (JEBARA *et al.*, 2000). L'effet osmotique du NaCl intervient également : en augmentant la pression osmotique, il rend l'eau du milieu racinaire indisponible pour la plante et induit des réductions de flux d'azote à la racine, ce qui provoque un déficit de nutrition azotée (LEMAIRE et DENOIX, 1987). L'effet du NaCl sur la teneur en azote total a d'ailleurs été démontré

récemment chez l'orge par TÜRKÜYLMAZ *et al.* (2011). Dans ce contexte, la diminution remarquée de la teneur en protéines, sous stress salin, serait due en grande partie à son effet sur la teneur en azote total.

## Conclusion

Nous avons constaté que la salinité affecte négativement la production fourragère (MS) des populations marocaines de luzerne étudiées. Il en est de même pour divers paramètres qualitatifs (rapport feuilles / tiges et teneurs des plantes en azote et en protéines). Des différences significatives ont été observées pour les populations étudiées : la population Tata s'est montrée la plus performante sous stress salin et la population Taf 1 la moins tolérante, la tolérance des populations Dem et Taf 2 étant intermédiaire.

Accepté pour publication,  
le 11 juin 2014.

**Remerciements** : Les auteurs remercient vivement le chef et les ouvriers du domaine expérimental Saâda de l'INRA-Marrakech, pour leur aide et leur effort pendant l'installation et le suivi de l'essai.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARGAZ A., FAGHIRE M., ABDI N., FARISSI M., SIFI B., DREVON J.J., CHERKAOUI M.I., GHOULAM C. (2012) : "Low soil phosphorus availability increases acid phosphatases activities and affects P partitioning in nodules, seeds and rhizosphere of *Phaseolus vulgaris*-rhizobia symbiosis", *Agriculture*, 2, 139-153.
- BASHIR A.V., ABBASSALI G.N. (2012) : "Kinetics of chloride ions absorption by plant sprouts in the presence of NaNO<sub>3</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>", *Int. J. Biosciences*, 2, 46-50.
- BOUIZGAREN A. (2007) : "Fiche technique de la culture de la luzerne au Maroc : Technique de production fourragère et semencière. Publication INRA, Marrakesh, 27 p.
- BOUIZGAREN A., FARISSI M., KHALIDA R., GHOULAM C., BARAKATE M., AL FEDDY M.N. (2013) : "Assessment of summerdrought tolerance variability in Mediterranean alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under Moroccan fields conditions", *Archives of Agronomy and Soil Sci.*, 59,147-160.
- BRADFORD M.M. (1976) : "A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principal of protein dye binding", *Analytical Biochemistry*, 72, 248-257.
- CRAMER G.R., ALBERICO G.J., SCHMIDT C. (1994) : "Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids", *Austral. J. Plant Physiology*, 21, 675-692.
- DEBBARH A., BADRAOUI M. (2002) : *Irrigation and Environment in Morocco: Current Situation and Prospects*, PCSI Workshop, Montpellier (France), 14 p.
- DURAND J.L., VOLAIRE F., PICON-COCHARD C., LORGEOU J. (2013) : "Ecophysiologie de la réponse et de l'adaptation des plantes fourragères et prairiales au changement climatique", *Fourrages*, 214, 111 -118.
- EPSTEIN, E., NORLYN, J.D., RUCH, D.W., KINGSBURY, R.W., CUNNINGHAM, A.F., WRONA, A.F. (1980) : "Saline culture of crops: A genetic approach", *Science*, 210, 399-404.

- FAGHIRE M., BARGAZ A., FARISSI M., PALMAF., MANDRI B., LLUCH C., TEJERA GARCÍA NA., HERRERA-CERVERAJA., OUFDOU K., GHOULAM C. (2011) : "Effect of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculated with rhizobial strains isolated from the Haouz region of Morocco", *Symbiosis*, 55, 69-75.
- FARISSI M., BOUIZGAREN A., FAGHIRE M., BARGAZ A., GHOULAM C. (2011) : "Agro-physiological responses of Moroccan alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations to salt stress during germination and early seedling stages", *Seed Sci. and Technology*, 39, 389-401.
- FARISSI M., GHOULAM C., BOUIZGAREN A. (2013a) : "Changes in water deficit saturation and photosynthetic pigments of Alfalfa populations under salinity and assessment of proline role in salt tolerance", *Agric. Sci. Res. J.*, 3, 29-35.
- FARISSI M., BOUIZGAREN A., FAGHIRE M., BARGAZ A., GHOULAM C. (2013b) : "Agro-physiological and biochemical properties associated with adaptation of *Medicago sativa* populations to water deficit", *Turkish J. of Botany*, 37, 1166-1175.
- FARISSI M., GHOULAM C., BOUIZGAREN A. (2013c) : "Variabilité de la tolérance à la salinité de la luzerne : évaluation au stade germination de populations issues de différents agro-écosystèmes marocains", *Fourrages*, 216, 329-332.
- FARISSI M., FAGHIRE M., BOUIZGAREN A., BARGAZ A., MAKOUDI B., GHOULAM C. (2014) : "Growth, nutrients concentrations and enzymes involved in plants nutrition of Alfalfa populations under saline conditions", *J. Agric. Sci. and Technology*, 16, 301-314.
- GREENWAY H., MUNNS R. (1980) : "Mechanisms of salt tolerance in non halophytes", *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 149-190.
- IBRIZ M., THAMI ALAMI I., ZENASNI L., ALFAIZ C., BENBELLA M. (2004) : "Production des luzernes des régions pré-sahariennes du Maroc en conditions salines", *Fourrages*, 180, 527-540.
- JEBARA M., EARBI AOUNI M., GHRIR R. (2000) : "Effet du sel sur des isolats de *sinhorhizobium* sp. de Tunisie in vitro ou en association avec *Medicago* sp.", *Cahiers d'études et de recherche francophones / Agricultures*, 9, 99-102.
- LEMAIRE G., DENOIX A. (1987) : "Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) dans l'Ouest de la France. II, interaction entre les niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée", *Agronomie*, 7, 381-389.
- MAURIÉS M. (1994) : *La luzerne aujourd'hui*, édition France agricole, 254 p.
- MONIRIFAR H., BARGHI M. (2009) : "Identification and selection for salt tolerance in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes via physiological traits", *Notulae Scientia Biologicae*, 1, 63-66.
- NABIZADEH E., JALILNEJAD N., ARMAKANI M. (2011) : "Effect of salinity on growth and nitrogen fixation of alfalfa (*Medicago sativa*)", *World Applied Sci. J.*, 13, 1895-1900.
- NEDJIMI B., DAOUY Y., GUIT B., TOUMI M., BELADEL B., AKAM A. (2013) : "*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* (Chenopodiaceae) : Description, écologie et utilisations pastorales et thérapeutiques", *Fourrages*, 216, 333 -338.
- SAADALLAH K., DREVON J.J., HAJJI M., ABDELLELY C. (2001) : "Genotypic variability for tolerance to salinity of N<sub>2</sub>-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)", *Agronomy*, 21, 675-682.
- TÜRKYILMAZ B., YILDIZ AKTA L., AVNI G. (2011) : "Salinity induced differences in growth and nutrient accumulation in five barley cultivars", *Turkish J. of Field Crops*, 16, 84-92.
- VOLENEC J.J., CHERNEY J.H. (1990) : "Yield components, morphology and forage quality of multifoliolate alfalfa phenotypes", *Crop Sci.*, 30, 1234-1238.
- ZHANG S., HU J., ZHANG Y., XIE X.J., ALLEN K. (2007) : "Seed priming with brassinolide improves Lucerne (*Medicago sativa* L.) seed germination and seedling growth in relation to physiological changes under salinity stress", *Austral. J. Agric. Res.*, 58, 811-815.



Association Française pour la Production Fourragère

---

La revue *Fourrages*

est éditée par l'Association Française pour la Production Fourragère

**[www.afpf-asso.org](http://www.afpf-asso.org)**



AFPF – Centre Inra – Bât 9 – RD 10 – 78026 Versailles Cedex – France

Tél. : +33.01.30.21.99.59 – Fax : +33.01.30.83.34.49 – Mail : [afpf.versailles@gmail.com](mailto:afpf.versailles@gmail.com)

Association Française pour la Production Fourragère