

***Salsola vermiculata* espèce prometteuse pour la réhabilitation des pâturages présahariens du Maroc**

Homrani Bakali A.¹, Mrabet R.², Acherckouk M.³, Maatougui A.⁴

homrani_bakali@yahoo.fr

1: Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Errachidia, Avenue Moulay Ali Chérif Errachidia B.P. 2
Errachidia principale, Errachidia, Maroc.

2: Institut National de la Recherche Agronomique, Av. Ennasr Rabat, Maroc BP 415 RP Rabat, Maroc;

3: Centre Régional de la Recherche Agronomique de Tanger, 78 Avenue Sidi Mohamed Ben Abdellah 90010,
Tanger, Maroc

4 : Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Oujda, 10, Bd Mohamed VI, El Qods, 60.000, Oujda, Maroc
B.P. 428 Oujda RP Maroc

Résumé

Salsola vermiculata L. (Chenopodiaceae) est une ligneuse basse largement répandue dans les zones arides du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA). C'est l'une des espèces pastorales prometteuses pour la réhabilitation des pâturages arides du Maroc. Les objectifs de cette étude sont de déterminer les effets de la température et de la durée de stockage des graines sur la germination de *Salsola vermiculata*, de déterminer l'âge optimal de transplantation des plantules de *Salsola vermiculata* et de comparer la production de deux variétés de cette espèce (variétés *villosa* et *brevifolia*). Les essais de germination sont menés dans une enceinte de germination au laboratoire de la station expérimentale d'Errachidia. Douze régimes de température et trois durées du stockage de graines sont testés. Pour la transplantation, des comparaisons sont effectuées entre des plants de 1.5 mois, 4 mois et 8 mois de la variété *villosa*. En outre, la comparaison de la production des plantules de 8 mois des deux variétés de *Salsola vermiculata* (*villosa* et *brevifolia*) sont effectuées. Les résultats montrent que le pourcentage de germination et la vitesse de germination sont très élevés pour plusieurs régimes de température, sauf pour les hautes températures. En outre, ils diminuent très significativement avec la durée de stockage des graines. Concernant, l'âge de transplantation, les plantules de 8 mois se comportent mieux des points de vue reprise, production et croissance. En outre, la variété *villosa* a produit très significativement plus de phytomasse que la variété locale *brevifolia*.

Mots-clés : *Salsola vermiculata* ; Amélioration pastorale ; Tests de germination ; Durée de stockage ; Âge de transplantation ; Zones arides.

***Salsola vermiculata* a promising species for rehabilitation of degraded pre-Saharan rangelands in Morocco**

Abstract

Salsola vermiculata L. Syn. *Caroxylon villosum* (Delile) Akhani & Roalson (Chenopodiaceae) is a perennial small woody species widely distributed in arid zones of Middle East and North Africa (MENA) region. It is one of the promising pastoral species for the rehabilitation of arid rangelands in Morocco. The objectives of this study were to determine the effects of temperature and duration of seed storage on the germination of *Salsola vermiculata*, to determine the optimal transplant age of *Salsola vermiculata* seedlings and to compare the production of two varieties of *Salsola vermiculata* (*villosa* and *brevifolia*). The germination tests were carried out in a germination incubator at the laboratory of the Errachidia experimental station. 12 temperature regimes and three durations of seed storage were tested. For transplantation, comparisons were made between *villosa* variety seedlings of 1.5 months, 4 months and 8 months. In addition, the production of the 8-month-old seedlings of the two varieties of *Salsola vermiculata* (var. *villosa* and var. *brevifolia*) were compared. The percentage of germination and the germination rate were very high for several temperature regimes, except for the high temperatures. In addition, it decreased very significantly with the storage duration of the seeds. Regarding the age of seedling transplants, the eight-month-old seedlings were the best in terms of production and growth rate. In addition, the *villosa* variety produced very significantly more phytomass than the local variety *brevifolia*.

Keywords: *Salsola vermiculata*; Pastoral improvement; Germination tests; Storage time; Transplanting age; Arid areas.

Salsola vermiculata نبتة واعدة لتحسين المراعي الشبه الصحراوية في المغرب

الحراني البقالي عبد المنعم¹، رشيد المرابط²، أشركوك محمد³، معتوكي عبد السلام⁴

البريد الإلكتروني للمراسلة: homrani_bakali@yahoo.fr

- 1: المركز الجهوي للبحث الزراعي بالراشدية، جادة مولاي علي الشريف الراشدية ص.ب 2 الراشدية الرئيسية، الراشدية، المغرب
- 2: المعهد الوطني للبحث الزراعي شارع النصر صندوق البريد 415 الرباط؛
- 3: المركز الجهوي للبحث الزراعي بطنجة 78 شارع سيدي محمد بن عبد الله، طنجة 90010 المغرب
- 4: المركز الجهوي للبحث الزراعي بوجدة 10، شارع محمد السادس، القدس، 60000 المغرب ص.ب 428 ط.ر وجدة المغرب

ملخص

Salsola vermiculata L. Syn. *Caroxylon villosum* (Delile) Akhani & Roalson (*Chenopodiaceae*) من الشجيرات الخشبية الصغيرة المعمرة الواسعة الانتشار في مناطق الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. تعتبر هذه النبتة من الأنواع الرعوية الواعدة لإعادة تأهيل المراعي القاحلة في المغرب. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد تأثيرات درجة حرارة ومدة تخزين البذور على إنبات *Salsola vermiculata*، تحديد العمر الأمثل لزراعة الشتلات ومقارنة إنتاج نوعين من أصناف هذه النبتة (*Salsola vermiculata* - *villosa* - *brevifolia*). تم إجراء اختبارات الإنبات في غرفة الإنبات بمختبر محطة التجارب بالراشدية، وتم اختبار 12 نظاماً لدرجة الحرارة وثلاث فترات لتخزين البذور. بالنسبة للزراعة، غرس شتلات ذات 3 أعمار مختلفة (1.5 أشهر و 4 أشهر و 8 أشهر). تمت مقارنة إنتاج الشتلات التي عمرها 8 أشهر لنوعين من ثبته *Salsola vermiculata* (*villosa* و *brevifolia*). كانت النسبة المئوية وسرعة الإنبات مرتفعة للغاية في العديد من أنظمة درجات الحرارة، باستثناء درجات الحرارة المرتفعة. بالإضافة إلى ذلك، انخفض الإنبات بشكل كبير للغاية مع زيادة مدة تخزين البذور. فيما يتعلق بعمر زراعة الشتلات، كانت الشتلات البالغة من العمر ثمانية أشهر هي الأفضل من حيث الإنتاج ومعدل النمو. بالإضافة إلى ذلك، كان إنتاج نوع *villosa* يفوق بشكل كبير الصنف المحلي *brevifolia*.

الكلمات المفتاحية: *Salsola vermiculata*؛ نبتة خشبية صغيرة؛ التحسين الرعوي؛ اختبارات الإنبات؛ وقت التخزين؛ سن الغرس؛ المناطق الجافة.

Introduction

Les écosystèmes pastoraux présahariens représentent pour plusieurs éleveurs la principale source alimentaire du cheptel. Or ces écosystèmes naturellement très fragiles sont souvent surexploités et dégradés. Au Maroc, les essais de régénération de ressources pastorales réalisés souvent à base d'*Atriplex nummularia* n'ont pas donné le résultat escompté dans certaines régions notamment dans les régions présahariennes (FIDA, 2005). D'où la nécessité de tester d'autres espèces, notamment les autochtones, et de diversifier leur gamme pour la réhabilitation pastorale.

Salsola est le plus grand genre de la famille des Chenopodiaceae et comprend plus de 200 espèces réparties dans les régions arides et semi-arides du Moyen-Orient, d'Asie, d'Europe et d'Afrique (Botschantzev, 1974). Ce genre englobe *Salsola vermiculata* L. qui est une espèce pastorale prometteuse pour la réhabilitation des pâturages arides du Maroc. Ce taxon est très apprécié par les animaux, résiste au pâturage, se régénère facilement et donne de bons résultats par ensemencement (Osman & Ghassali, 1997 ; Gintzburger et al., 2006 ; Louhaichi et al., 2014). C'est un petit arbuste nanophanérophytique saharo-sindien et Méditerranéen avec une large répartition géographique (Sankary & Barbour, 1972). C'est l'une des espèces appétible, dominante et précieuse des zones arides d'Afrique du Nord, d'Europe du Sud et d'Asie du Sud-Ouest (Creager, 1988; Neffati et al., 1993; Le Houérou, 1994). De nombreuses variétés sont décrites au Maroc notamment : *S. vermiculata* var. *flavescens*, *S. vermiculata* var. *portilloi* ; *S. vermiculata* var. *frankenoides* et *S. vermiculata* var. *brevifolia* (Fennane et al., 1999). Pour cette étude, nous nous sommes intéressés à deux variétés de *Salsola vermiculata* : var. *villosa* (Delile) Moq. provenant des déserts de l'Arabie Saoudite et var. *brevifolia* provenant de la région de Midelt, Maroc.

La variété *villosa* est capable de produire une matière sèche variant de 255 kg / ha à 2221 kg / ha en deux ans avec une quantité de 15 mm et 41 mm de pluie respectivement (Mirreh et al., 1991 *in* Assaeed 2001). L'espèce est très appréciée des moutons, chèvres et chameaux (Osman et al. 2006). Les protéines brutes de *S. villosa* varient de 7,1% en hiver à 16,4% au printemps tandis que les nutriments digestibles totaux variaient de 44% à 49% respectivement en hiver et au printemps (Assaeed, 2001). La variété *brevifolia* se trouve surtout dans les régions de montagnes et les zones désertiques du Maroc.

L'utilisation d'espèces tolérantes à la sécheresse pour la revégétalisation des pâturages dégradés a été considérée comme cruciale par Prider et Facelli, 2004. La réussite de cette revégétalisation pour combattre la désertification et contrôler la dégradation nécessite des connaissances de base sur les exigences de germination et de transplantation des espèces concernées. Par conséquent, cette étude vise à déterminer :

- l'effet de quatre régimes de température alternatifs et de cinq températures cardinales combinées avec trois durées de stockage des graines sur les caractéristiques de germination des graines de *S. villosa* ;
- l'âge idéal de transplantation des plantules ;
- les productions initiales de deux variétés *Salsola vermiculata* (*villosa* et *brevifolia*).

Matériel et méthodes

Essais de germination

Origine des semences, collecte et stockage

Les semences de *S. villosa* objet des essais de germination ont été initialement reçues au Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Arides (ICARDA) en 2010. Le site original de collecte était situé dans le nord de l'Arabie saoudite. Les graines ont ensuite été semées à la station expérimentale d'Errachida. Des récoltes de semences ont été effectuées sur les plants obtenus un an, deux ans et quatre ans après la plantation. Les semences récoltées ont été stockées au laboratoire à température ambiante. Les températures peuvent atteindre 34 °C au labo durant le mois de juillet comme elles peuvent descendre à 9°C durant le mois de janvier. Avant leur utilisation, les bractées fructifères des graines n'étaient pas retirées (Figure 1), même si leur élimination était supposée améliorer la germination (Osman et Ghassali, 1997, Louhaichi et al., 2019).

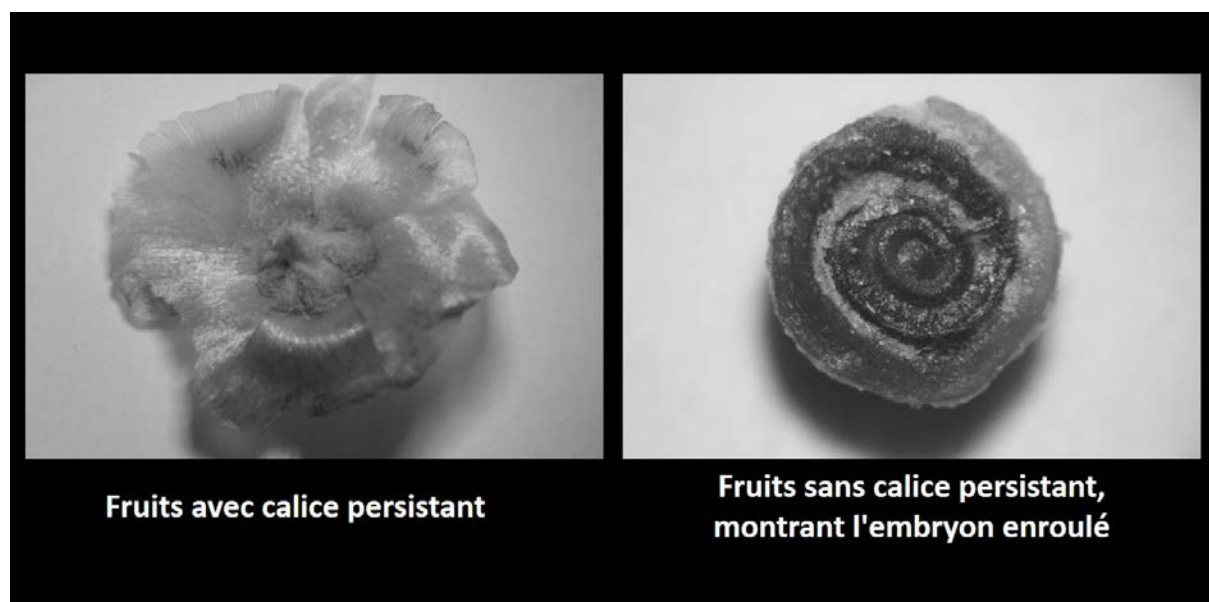


Figure 1. Semences de *Salsola villosa* sans et avec calice

Expériences de germination

Les graines de *S. villosa* ont été mises à germer sur des papiers-filtres placés dans des boîtes de pétri de 15 cm de diamètre. Quatre boîtes par traitement (50 graines par boîte) ont été placées dans des chambres à environnement contrôlé (un incubateur permettant de fixer la température, la durée et l'intensité lumineuse). Les chambres ont été éclairées pendant 14 heures par jour. Les graines étaient considérées comme germées lorsque les radicelles avaient une longueur > 1 mm. Les boîtes de Pétri sont humidifiées avec la même quantité d'eau toutes les deux à trois jours en fonction du dessèchement du papier filtre (le dessèchement varie en fonction du régime de température).

L'effet de la température et la durée de stockage sur la germination des graines de *S. villosa* sont déterminés en les incubant à douze régimes de température (Tableau 1) :

Nous avons une seule chambre contrôlée et, afin de minimiser l'effet de la durée des semences fraîches de l'année (<1an), elles ont été incubées pendant un mois seulement pour chaque température (Tableau 1).

Tableau 1. Traitements utilisés dans cette étude (température et durée de stockage)

| Code | Température cardinale °C et âge des semences | Code | Température alternée °C et âge des semences |
|------|---|------|--|
| C1 | 40 ° - (<1 an) | A1 | 40/25 ° - (<1 an) |
| C2 | 30 ° - (<1 an) | A2 | 30/20 ° - (<1 an) |
| C3 | 25 ° - (<1 an) | A3 | 25/15 ° - (<1 an) |
| C4 | 20 ° - (<1 an) | A4 | 20/10 ° - (<1 an) |
| C5 | 15 ° - (<1 an) | A5 | 15/5 ° - (<1 an) |
| C6 | 5 ° - (<1 an) | A6 | 10/0 ° - (<1 an) |
| C5B | 15 ° - 2 ans | A5C | 15/5 ° - 2 ans |
| C5D | 15 ° - 4 ans | A5D | 15/5 ° - 4 ans ° |

Indices de germination

Le comptage du nombre de graines en germination a commencé dès le premier jour et a été effectué jusqu'à la fin de l'expérience (30 jours). Neuf indices de germination ont été calculés pour décrire le processus de germination: germinabilité (G%) ou pourcentage de germination finale (PGF), temps moyen de germination (TMG), coefficient de variation du temps de germination (CVt), taux moyen de germination ou vitesse de germination (VGM), indice du taux de germination (ITG), coefficient de vitesse de germination (CVG) (vitesse de germination), germination moyenne quotidienne (GMQ) (nombre de graines par jour), valeur germinative (VG), incertitude de la germination (U), synchronisation de la germination (Z). Tous les paramètres de germination ont été calculés selon les formules données par Ranal et Santana (2006).

Expérience de transplantation

Matériel végétal

Pour cette expérience deux variétés de *Salsola vermiculata* sont étudiées :

- *Var villosa* provenant de l'Arabie Saoudite et plantée depuis 2010 dans la station expérimentale d'Errachidia.
- *Var brevifolia* provenant de la région de Midelt et plantée depuis 2018 dans la station d'Errachidia.

Protocole expérimental

L'essai vise à comparer l'installation par semis et l'âge idéal de plantation des plantules de la var. *villosa*. En outre, une comparaison de la production de la var. *villosa* avec la var. *brevifolia* locale pour les plantules ayant le même âge (8 mois). L'essai a été installé durant le mois d'octobre 2018. Les traitements sont les suivants (Figure 2) :

- S1 : Semences *S. villosa*
- S2 : Plantules de *S. villosa* d'un mois et demi
- S3 : Plantules de *S. villosa* de 4 mois
- S4 : Plantules de *S. villosa* de 8 mois
- S5 : Plantules de *Salsola brevifolia* de 8 mois

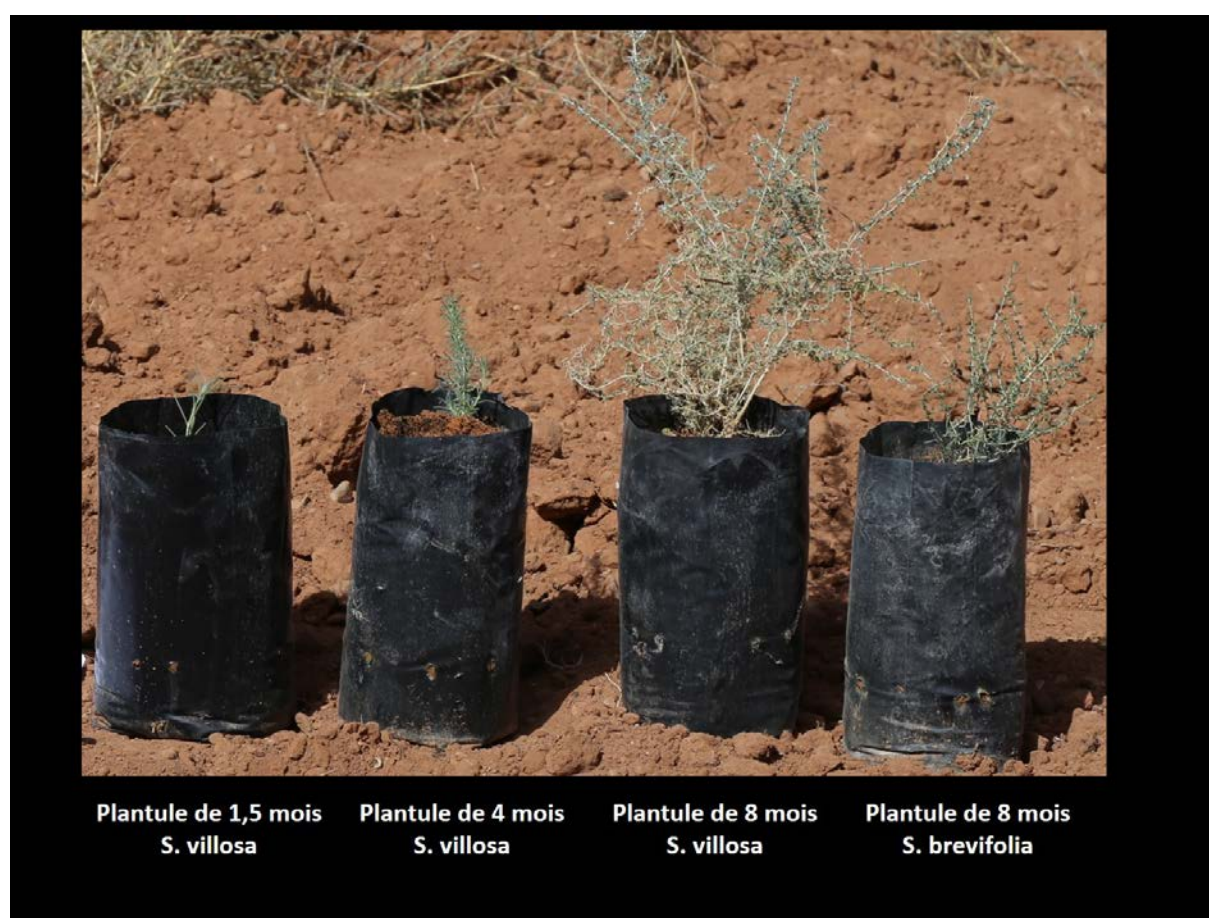


Figure 2. Plantules de *S. vermiculata* utilisées dans l'essai de transplantation

L'essai se déroule dans la station expérimentale d'Errachidia. Le dispositif expérimental adopté est un bloc aléatoire complet avec 16 répétitions dans chaque bloc. Les plantules sont élevées sous une ombrière (75 % d'ombre). Le semis est effectué sur des plaques alvéolaires multi-cellules puis les plantules sont transplantées sur des sachets en polyéthylène perforés de 2L. Le substrat de la motte est composé de deux parts de sable de rivière (à côté du jujubier) et une part de la tourbe blonde. L'irrigation est assurée deux fois par semaine.

Analyse des données

Toutes les données ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) et les moyennes des traitements sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls (Dagnelie, 1998) afin de déterminer l'importance du pourcentage de germination des graines pour chaque traitement et les modalités de transplantation des plantules en comparaison avec le semis direct. Les pourcentages de germination sont transformés en arc-sinus avant leur analyse. Pour la transplantation nous avons calculé en février 2020 le taux de reprise et mesurer la hauteur (HR en cm), le diamètre (DR en cm), le nombre de ramifications primaires (RP) et secondaires (RS) de la tige et la phytomasse en g de matière sèche (PHT). Le programme SPSS pour Windows Version 18.0 a été utilisé pour effectuer les analyses. Le logiciel Excel 2013 a été utilisé pour calculer les différents indices de germination à partir des travaux de Ranal et al. (2009).

Résultats

Résultats de l'expérience de germination

Effet de la température

L'analyse statistique de la variance a montré un effet significatif des régimes de température alternants/cardinaux et de la durée de stockage des semences sur presque tous les paramètres de germination (Tableau 2).

Tableau 2. Effet de la température combinée à la durée de stockage sur les différents paramètres de germination de *S. villosa*

| TEMPERA TURES | G | TMG | CVT | VGM | U | Z | ITG | CVG | VG | GMQ |
|------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| A1 | 2.0 ^a | 1.5 ^a | | 0.38 ^{ab} | | | 1.0 ^a | 37.5 ^{ab} | 0.1 ^a | 0.1 ^a |
| A2 | 87.5^d | 3.1b ^c | 24.5 ^a | 0.32 ^{ab} | 1.37 ^c | 0.49 ^c | 29.5 ^{cd} | 31.9 ^{ab} | 70.0 ^{ef} | 2.9 ^d |
| A3 | 98.0^d | 3.8 ^c | 47.9 ^{de} | 0.26 ^{ab} | 2.39 ^e | 0.22 ^a | 31.4 ^{cd} | 26.4 ^{ab} | 62.5 ^{de} | 3.3^d |
| A4 | 96.0^d | 3.1 ^{bc} | 42.6 ^{bcde} | 0.32 ^{ab} | 1.70 ^{cd} | 0.38 ^{bc} | 34.3 ^{de} | 32.1 ^{ab} | 83.3^f | 3.2^d |
| A5 | 98.0^d | 3.8 ^c | 40.9 ^{bcde} | 0.27 ^{ab} | 1.93 ^d | 0.34 ^b | 29.9 ^{cd} | 26.5 ^{ab} | 70.2 ^{ef} | 3.3^d |
| A6 | 96.5^d | 6.2^d | 52.7^e | 0.16 ^a | 3.04^f | 0.13 ^a | 19.3 ^b | 16.1 ^a | 35.0 ^c | 3.2^d |
| C1 | 1.5 ^a | 1.5 ^a | | 0.38 ^{ab} | | | 0.8 ^a | 37.5 ^{ab} | 0.1 ^a | 0.1 ^a |
| C2 | 37.5 ^b | 2.4 ^b | 33.6 ^{abcd} | 0.42^b | 1.03 ^b | 0.61^d | 16.8 ^b | 41.9^b | 18.2 ^b | 1.3 ^b |
| C3 | 73.5 ^c | 2.8 ^b | 27.5 ^{ab} | 0.36 ^{ab} | 1.41 ^c | 0.43 ^{bc} | 28.6 ^c | 36.3 ^{ab} | 52.3 ^d | 2.5 ^c |
| C4 | 93.5^d | 2.8 ^b | 44.8 ^{cde} | 0.36 ^{ab} | 1.67 ^{cd} | 0.41 ^{bc} | 38.2^e | 36.2 ^{ab} | 85.7^f | 3.1^d |
| C5 | 98.0^d | 2.9 ^{bc} | 30.6 ^{abc} | 0.34 ^{ab} | 1.65 ^{cd} | 0.33 ^b | 36.6^e | 34.2 ^{ab} | 79.7^f | 3.3^d |
| C6 | 92.5^d | 7.0 ^e | 40.7 ^{bcde} | 0.14 ^a | 3.26^f | 0.12 ^a | 16.1 ^b | 14.3 ^a | 26.6 ^{bc} | 3.1^d |

Les nombres avec différentes lettres (a à f) sont significativement différents selon le test de Newman & Keuls à $p < 0,05$.

Pour la même durée de stockage des semences (semences fraîches <1 an), les semences de *Salsolea* ont été indifférentes aux régimes de température alternés et cardinales. Le test de Newman et Keuls (SNK) distingue pour le paramètre de germinabilité quatre groupes pour les températures cardinales et seulement deux groupes pour les températures alternées (Tableau 2). Le pourcentage de germination le plus élevé (98%) a été observé chez les graines germées à des températures cardinales (C5 = 15 °C) et à des températures alternées A3 (15/25 °C) et A5 (5/15 °C). Les hautes températures permettent un temps moyen de germination le plus court (1.5 jours), mais les pourcentages de germination ont été les plus faibles pour ces régimes (A1 = 25/40 °C, C1 = 40 °C et C2 = 30). Les graines de *S. vermiculata* contiennent un embryon entièrement en spirale uniquement recouvert d'un péricarpe et une telle structure morphologique peut aider cette espèce à germer rapidement dans des conditions favorables, avec jusqu'à 80% de germination dans les trois jours d'incubation dans notre expérience.

En outre, le test SNK distingue de nombreux groupes pour d'autres paramètres de germination ($p < 0,01$) (Tableau 2).

Le concept de "valeur germinative", défini par Czabator (1962), combine en un seul chiffre une expression de la germination totale à la fin de la période d'essai avec une expression de l'énergie germinative ou de la vitesse de germination. Cette valeur germinative a été meilleure chez les régimes A4 (20/10 °C), C4 (20°C) et C5 (15 °C). Ces régimes représentent donc les conditions optimales de multiplication de *S. villosa*. La valeur germinative se dégrade significativement avec l'augmentation et la diminution de la température par rapport aux régimes susmentionnés.

L'incertitude de la germination (U) est une adaptation de l'indice de Shannon et mesure le degré d'incertitude associé à la distribution de la fréquence relative de germination (Labouriau et Valadares 1976). Des valeurs faibles indiquent une germination plus synchronisée (Ranal et Santana 2006). D'après le tableau 2 on constate que plus la température augmente plus il y a une homogénéisation de germination surtout pour les températures cardinales. Même chose pour la synchronisation de la germination (Z) dont les valeurs élevées (qui s'approche de 1) indiquent un chevauchement de germination et donc plus de graines qui germent en même temps avec l'augmentation de la température.

Effet de la durée de stockage à température ambiante

Quant à la durée de stockage, elle affecte très significativement tous les paramètres de la germination. Le plus important est la faculté de germination qui est réduite à la moitié après deux ans, puis quatre ans plus tard, presque toutes les graines ont perdu leur faculté de germination (Tableau 3). De même la valeur germinative se dégrade très significativement avec la durée de stockage.

Tableau 3. Effet de la durée de stockage sur les différents paramètres de germination de *S. villosa*

| Régime/Âge | G | TMG | CVt | VGM | U | Z | ITG | CVG | VG | GMQ |
|------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|
| A5 | 98.00^d | 3.79 ^b | 40.91 ^b | 0.27 ^c | 1.93 ^{bc} | 0.34 ^d | 29.89 ^c | 26.50 ^c | 70.19^c | 0.31 |
| A5B | 43.50 ^c | 4.05 ^b | 41.36 ^b | 0.25 ^c | 2.29 ^c | 0.23 ^c | 12.29 ^b | 25.16 ^c | 10.98 ^b | 0.74 ^c |
| A5D | 9.00 ^b | 5.49 ^c | 33.90 ^b | 0.19 ^b | 1.69 ^b | 0.11 ^b | 1.75 ^a | 18.86 ^b | 0.39 ^a | 5.75 ^d |
| C5 | 98.00^d | 2.93 ^b | 30.60 ^b | 0.34 ^d | 1.65 ^b | 0.33 ^d | 36.58 ^d | 34.18 ^d | 79.65^c | 0.31 |
| C5B | 36.00 ^c | 4.02 ^b | 35.27 ^b | 0.26 ^c | 2.04 ^{bc} | 0.27 ^{cd} | 10.34 ^b | 26.25 ^c | 8.48 ^b | 0.85 ^c |

Les nombres avec différentes lettres (a à d) sont significativement différents selon le test de Newman & Keuls à $p < 0,05$.

Résultats de l'âge de la transplantation et comparaison de la production

Les résultats du tableau 4 montrent très significativement que l'âge de transplantation optimale correspond aux plantules de huit mois (S4) qui ont permis une reprise à 100% après 15 mois, une meilleure croissance et une production qui a triplé par rapport à S2 et S3.

Tableau 4. Résultats du semis direct sur le champ et de la transplantation des plantules de *Salsola vermiculata*

| Traitements | Reprise (%) | HR | LR | RP | RS | PHT |
|-------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| S1 | 66,7 | 27,6 ± 15,2 ^a | 8,1 ± 5,3 ^a | 6,1 ± 3,6 ^a | 24,7 ± 25,3 ^a | 12,4 ± 13 ^a |
| S2 | 93,3 | 42,1 ± 14,5 ^a | 14,7 ± 4,7 ^b | 10,6 ± 3,3 ^{ab} | 73,8 ± 52,3 ^a | 55,6 ± 37,4 ^b |
| S3 | 100 | 39,3 ± 20,5 ^a | 17,7 ± 8,3 ^b | 13,5 ± 6,3 ^b | 83,2 ± 62,2 ^a | 59,5 ± 44,2 ^b |
| S4 | 100 | 54,4 ± 13,7^b | 32,3 ± 8,7^c | 27,4 ± 7,1^d | 298,4 ± 122,7^b | 184,8 ± 67,4^c |
| S5 | 100 | 34,5 ± 11,3 ^a | 20,1 ± 6,2 ^b | 18,3 ± 7,4 ^c | 97,5 ± 84,7 ^a | 61,5 ± 30,1 ^b |

Les nombres avec différentes lettres (a à c) sont significativement différents selon le test de Newman & Keuls à $p < 0,05$.

Le semis direct a permis une bonne reprise de l'ordre de 67%, mais la croissance et la production des plantules restent très faibles, d'autant que l'année durant laquelle les essais ont été réalisés a coïncidé avec une période très sèche au niveau d'Errachidia. En effet, entre octobre 2018 (date de plantation) et février 2020 (date de la dernière mesure) Errachidia n'a reçu que 82 mm.

De même, la croissance et la production *S. villosa* sont très significativement supérieures par rapport à celles de la variété *brevifolia*. En effet, la production de provenance d'Arabie Saoudite a triplé par rapport à la production de la variété de Midelt durant la première année de transplantation. Ceci peut être expliqué par la physiologie interne des plants et peut être la coïncidence de *S. villosa* dans un environnement plus propice à son développement par rapport à celui de la *S. brevifolia*. En effet, la var. *villosa* se développe dans les déserts d'Arabie Saoudite et d'Égypte qui ont des conditions plus ou moins similaires à celle d'Errachidia, par contre la var. *brevifolia* ne se trouve pas dans la région d'Errachidia, elle se développe au Maroc sur les hauts plateaux, les zones de montagne et les piedmonts des massifs montagneux des zones désertiques, son optimum de production se trouve dans les zones de montagnes et les hauts plateaux plus au moins bien

arrosés. De même la var. *villosa* est plus villeuse par rapport la var. *brevifolia* donnant un aspect grisâtre à la plante et assure peut-être plus d'endurance aux sécheresses successives et un rétablissement rapide après les premières pluies. La var. *villosa* peut endurer plus de 45 jours de sécheresse au-dessous du point de flétrissement (Sankary & Barbour, 1972).

La production de *S.villosa* est équivalente à 822 Kg MS/ha si on adopte une densité de plantation 4444 (1.5X1.5). Ceci en concordance avec la citation de Mirreh et al., (1991) in Assaeed (2001) qui ont signalé une production en matière sèche variant de 255 kg / ha à 2221 kg / ha en deux ans avec une quantité de 15 mm et 41 mm de pluie respectivement. La production pourrait atteindre 1074 kg MS/ha en irrigué (Tag El Din, 1993).

Discussion

L'apport pratique des résultats obtenus et leurs utilisations et exploitations par le programme de réhabilitation des terres pastorales arides peut consister :

Premièrement, à utiliser des semences fraîches pour *S. villosa* et qui ne devraient pas être conservées plus de deux ans dans des conditions ambiantes, car la faculté de germination se perd graduellement avec l'augmentation de la durée de stockage. Plusieurs études montrent la perte de la faculté germinative des graines de chénopodiacées (Sankary & Barbour, 1972 ; Creager, 1988). La viabilité des semences décline lentement au début (aux deux premières années), puis plus rapidement à partir de la quatrième année. Ce résultat est en contradiction avec celui de Sankary & Barbour (1972) qui ont indiqués une perte de la viabilité après neuf mois. Cette espèce requiert donc une méthode de stockage approprié.

Le deuxième résultat le plus important est la possibilité d'utiliser les semences durant plusieurs périodes de l'année, car les graines fraîches germent très bien à plusieurs températures alternées. Évidemment, seule la période estivale doit être évitée, car l'augmentation de la température diminue la germinabilité et ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par, Sankary & Barbour (1972), Guma et al. (2010) et Neffati et al. (1993).

Étant donné que la transplantation est souvent couteuse, il est toujours souhaitable d'utiliser le semis direct (Louhaichi, 2014). Toutefois, le semis direct est soumis aux aléas climatiques. La croissance et la production des plants issus du semis direct sont très lentes en cas de faibles précipitations durant la première année d'installation par rapport aux plantules de huit mois. Dans ce cas, il faudra mettre en défens le périmètre pastoral pour plus d'années avant de pouvoir utiliser les plants, le temps nécessaire pour permettre aux plants de se lignifier légèrement et leur permettre ainsi de mieux résister au pâturage. Afin de réduire cette période, il serait profitable d'utiliser des plantules de huit mois qui ont permis de multiplier la production par 15 fois durant la première année de transplantation par rapport au semis direct (Tableau 4). Pour la transplantation dans les pâturages arides, il est toujours souhaitable d'utiliser les techniques de collecte des eaux de surface sur des contours en ligne pour garantir le maximum de réussite. Cette technique a donné de bons résultats par rapport à d'autres techniques, mais ne garantit pas une bonne production par rapport à la haute densité (Saoub et al., 2011).

Conclusion

Salsola vermiculata en particulier la variété *villosa* a montré de très bonnes aptitudes germinatives, c'est donc une espèce pastorale prometteuse pour la réhabilitation des terres arides du sud-est du Maroc par le semis à condition d'utiliser des semences fraîches. Néanmoins, la longévité des semences de *Salsola vermiculata* est courte et la réussite du semis direct est sujette aux aléas climatiques. C'est pourquoi la transplantation à partir de plantules de 8 mois peut garantir un raccourcissement du temps de mise en défens des périmètres pastoraux, une survie élevée des transplantations par rapport au semis direct et une productivité importante durant les premières années. L'usage des plantules est un dilemme, car c'est un processus coûteux qui prend du temps surtout pour la réhabilitation des grandes surfaces (nécessite des pépinières et de la main-d'œuvre).

Enfin, la variété *villosa* s'est montrée nettement supérieure à la variété *brevifolia* surtout en termes de production, toutefois d'autres recherches doivent être menées sur d'autres environnements pour définir les conditions optimales de chaque variété.

Les espèces pastorales locales de l'Afrique du Nord et Moyen-Orient, qui ont subsisté en dépit des pressions anthropiques multiformes, constituent un patrimoine important dans l'amélioration pastorale. La majorité d'entre elles est menacée de disparition d'où la nécessité de promouvoir d'autres études sur d'autres espèces autochtones pour préserver et valoriser ce patrimoine.

Références bibliographiques

- Assaeed A. (2001). Effect of temperature and water potential on germination of *Salsola villosa* Del. ex Roem. et Schult. Assiut. Journal of Agricultural Science. 32. p. 173–183.
- Botschantzev V. (1974). A synopsis of *Salsola* (Chenopodiaceae) from South and South-West Africa *Kew Bull.* 29. p. 597-614
- Czabator F.J. (1962): Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science.* 8. p. 386–396.
- Creager R.A. (1988). The biology of Mediterranean saltwort, *Salsola vermiculata*. *Weed Tech.* (2). p. 369-374.
- Dagnelie P. (1998). Statistique théorique et appliquée vol. 1 & 2. De Boeck et Larcier, Paris.
- Fennane M., Ibn Tatou M., Mathez J., Ouyahya A. and El Oualidi J. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires (vol. 1). Travaux Institut Scientifique, Rabat, *Sér. Botanique* 36. 558 pages.
- Fonds international de développement agricole (FIDA). (2005). Projet de développement rural dans le Tafilalet et la vallée du Dadès. Evaluation terminale. 75 pages.
- Gintzburger G., Le Houérou H. N., and Saïdi S. (2006). Near East-West Asia arid and semiarid rangelands. *Sécheresse* 17. p. 152-168.
- Guma I.R., Padrón-Mederos M.A., Santos-Guerra A., and Reyes-Betancort J.A. (2010). Effect of temperature and salinity on germination of *Salsola vermiculata* L. (Chenopodiaceae) from Canary Islands. *J. Arid Environ.* 74(6). p. 708-711.
- Labouriau L.G. and Valadares M.B. (1976). On the germination of seeds of *Calotropis procera*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências.* 48. p. 174-186.
- Le Houérou H.N. (1994). Forage halophytes and salt-tolerant fodder crops in the Mediterranean basin. In: Squires, V.R., Ayoub, A.T. (Eds.), *Halophytes as a Resource for Livestock and for Rehabilitation of Degraded Lands*. Kluwer, Dordrecht. p. 123–137.
- Louhaichi M., Clifton K. & Hassan S. (2014). Direct seeding of *Salsola vermiculata* for rehabilitation of degraded arid and semi-arid rangelands. *Range Mgmt. & Agroforestry* 35 (2). p. 182-187.
- Louhaichi M., Hassan S., Missaoui A.M., Ates S., Petersen S.L., Niane A., Slim S. and Belgacem A.O. (2019). Impacts of bracteole removal and seeding rate on seedling emergence of halophyte shrubs: implications for rangeland rehabilitation in arid environments. *The Rangeland Journal.* 41. p. 33-41.

Neffati M., Akrimi N. and Behaeghe T. (1993). Etude de quelques caractéristiques germinatives des semences de *Salsola vermiculata* var. *villosa* (Delile) Moq. Tan. *Ecologia Mediterranea* XIX (314). p. 61-69.

Osman A. E. and Ghassali F. (1997). Effects of storage conditions and presence of fruiting bracts on the germination of *Atriplex halimus* and *Salsola vermiculata*. *Expl. AITGc.* 33.149-155.

Osman A. E., Bahhady F., Hassan N., Ghassali F. and Ibrahim T.A.L. 2006. Livestock production and economic implications from augmenting degraded rangeland with *Atriplex halimus* and *Salsola vermiculata* in northwest Syria. *Journal of Arid Environments* 65. p. 474–490.

Prider J.N. and Facelli J.M. (2004). Interactive effects of drought and shade on three arid zone chenopod shrubs with contrasting distributions in relation to tree canopies. *Funct. Ecol.* 18. p. 67-76.

Ranal M.A. and Santana D.G. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasileira de Botânica.* 29. p. 1-11.

Ranal M.A., Santana D.G., Ferreira W.R. and Mendes-Rodrigues C. (2009). Calculating germination measurements and organizing spreadsheets. *Revista Brasileira de Botânica.* 32. p. 849-855.

Sankary M.N. and Barbour M.G. (1972). Autecology of *Salsola vermiculata* var. *villosa* from Syria. *Flora.* 161. p. 421-439.

Saoub H. M., Al Tabini R., Al Khalidi K. & Ayad J. Y. (2011). Effect of Three Water Harvesting Techniques on Forage Shrub and Natural Vegetation in the Badia of Jordan. *International Journal of Botany.* 7. p. 230-236.

Tag El Din S.S. (1993). Effect of grazing season on the productivity parameters of five range shrubs. *Arab Gulf. J. Scient. Res.* 11. p. 209-219.