

Effet des prétraitements et de la saison sur la germination des caryopses de *Stipa tenacissima* L. dans la région orientale du Maroc

MAATOUGUI A.¹ et HOMRANI BAKALI A.²

maatougui@hotmail.com

1 : Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Oujda, 10 Boulevard
Mohammed VI, B.P. 428, code postal 6000, Oujda Maroc.

2 : Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Errachidia, Avenue Moulay Ali
Chérif, B.P. 2, code postal 52000, Errachidia principale, Errachidia Maroc.

Résumé

Au Maroc, les pâturages steppiques à base de *Stipa tenacissima* L. ne cessent de se dégrader au fil du temps et la régénération naturelle par voie sexuée est très rarement observée sur le terrain. Cette étude a eu pour objectif d'évaluer la capacité germinative des caryopses de *Stipa tenacissima* sous deux régimes de température 10/25 ° C (hiver) et 30/40 ° C (Printemps). Pour ce faire, différents prétraitements ont été testés à savoir le trempage des caryopses dans de l'eau courante et la stratification froide. Les résultats ont montré que le taux de germination le plus élevé (70%) a été observé en hiver suite au trempage dans l'eau courante pendant 24 heures sous régime de température 10/25 °C. Alors que le traitement au froid (5°C) a enregistré des taux de germination plus faibles et s'est montré néfaste pour la germination des caryopses. De même, les temps de latence de germination ont été, significativement, plus courts suite au trempage dans l'eau courante. Ces résultats sont d'une grande utilité pour la préservation de cette espèce autochtone et à la réhabilitation des pâturages dégradés.

Mots clés : *Stipa tenacissima*, Germination, Prétraitements, Saison, Dormance, Maroc oriental

Effect of the pretreatment and season on caryopsis germination of *Stipa tenacissima* L. in the eastern of Morocco

Summary

The Moroccan steppe rangelands based on *Stipa tenacissima* L. continue to deteriorate over time and natural regeneration by seed is very rarely observed. The purpose of this study is to assess the germination capacity of *Stipa tenacissima* seeds under two regimes of temperature 10/25°C (winter) and 30/40° C (Spring). Thus, various physical pre-treatments were tested (soaking caryopsis in normal water and cold stratification). The results showed that the highest germination rate (70%) was observed after soaking in normal water for 24 hours where the temperature varied between 10 and 20°C. However, the lowest germination rate was recorded with seeds soaked at 5°C which was harmful for the germination rate of the *Stipa tenacissima* seeds. Likewise, germination latency times were significantly shorter following soaking in normal water. This study is very useful and open up potential prospects for controlling multiplication in the nursery and, beyond that, would contribute to preserve this indigenous species and to the rehabilitation of degraded rangelands.

Keywords: *Stipa tenacissima*, Germination, Seed pre-treatments, Season, Dormancy, Eastern Morocco

تأثير المعالجات المسبقة على إنبات بذور الحلفاء *Stipa tenacissima* L.

عبد السلام معتوكي و عبد المنعم حمراي بقال

ملخص

تعرف المراعي السهبية في المغرب وخصوصا تلك المغطاة بنبات الحلفاء *Stipa tenacissima* تدهورا مستمرا وسريعا. ونادراً ما نلاحظ تجدداً طبيعياً بواسطة بذور هذه النبتة. الغرض من هذه الدراسة هو تقييم قدرة إنبات بذور الحلفاء خلال فترتي الشتاء والربيع. لذلك، تم اختبار العديد من المعالجات الأولية، التي تركز على النقع في الماء العادي والتنضيد البارد لفترات متفاوتة. أظهرت النتائج أن أعلى معدل إنبات (70%) لوحظ بعد نقع البذور في الماء العادي لمدة 24 ساعة في حرارة تراوحت بين 10 و 25 درجة. بينما سجلت المعالجة الباردة في 5 درجة مئوية معدلات إنبات أقل من البذور الغير المعالجة (الشاهد). من جهة أخرى، أدى النقع في الماء العادي إلى تسريع وتيرة إنبات بذور الحلفاء. هذه النتائج مفيدة للغاية وتفتح آفاقاً مهمة للتمكن من ضبط اكثار هذه النبتة في المشاتل، ومن ثم، المساهمة في الحفاظ على هذا النوع الأصلي وكذا في إعادة احياء المراعي المتدهورة.

الكلمات المفتاح: الحلفاء *Stipa tenacissima*، الإنبات، معالجات البذور، سكون، الفصول، المغرب الشرقي

Introduction

Les steppes à *Stipa tenacissima* L. (Alfa) sont parmi les écosystèmes les plus représentatifs des zones arides marocaines et méditerranéennes. Elles sont d'une grande valeur écologique et économique car elles jouent un rôle déterminant dans la couverture pérenne du sol, luttent contre l'avancée des dunes et contribuent à la production de biomasse palatable pour les troupeaux (Moulay et *al.*, 2011 ; Moulay, 2013).

Stipa tenacissima L. (ou *Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth) appartient à la famille des Poaceae (Graminées). C'est une plante vivace avec une distribution ibérique-nord-africaine, poussant dans des climats semi-arides et arides et s'étendant de la moyenne vallée de l'Èbre jusqu'à celle de l'Indus (Le Houérou, 1990 ; Ozenda, 1991). Barreña et *al.* (2006) ont évoqué l'existence de trois sous espèces d'Alfa au Maroc sur la base de la pilosité du sommet du paléole et la gaine foliaire : *S. tenacissima* subsp. *tenacissima*, *S. tenacissima* subsp. *gabesensis* et la dernière endémique du Maroc *Stipa antiatlantica* Barreña et *al.*

L'Alfa est une plante capable de persister durant les conditions sévères de sécheresse en maintenant une activité physiologique même au ralenti (Nedjraoui, 1990). Cette capacité permet d'éviter l'exposition du sol à l'érosion éolienne durant les périodes sèches. Elle est considérée comme étant l'un des remparts face à l'avancée du désert, et ce, grâce à son système racinaire très développé qui assure la fixation et la protection du sol (Zeriahe, 1987 ; Milton et *al.*, 1994). D'où le rôle fondamental que joue cette plante dans la protection et le maintien de l'intégrité écologique de tout l'écosystème (Puigdefabregas et Sanchez, 1996). Malheureusement, à l'instar de la majorité des pâturages steppiques du Maroc, et suite à l'interaction de la surexploitation et de la sécheresse, les pâturages à *Stipa tenacissima* se réduisent continuellement et la restauration naturelle s'avère lente et difficile malgré les tentatives de protection et de mise en défens (Maatougui et *al.*, 2011).

Si plusieurs espèces pastorales autochtones peuvent se perpétuer par voie sexuée, l'Alfa ne se régénère, presque exclusivement, que par voie végétative, ce qui ne lui offre que de faibles possibilités d'extension (Aidoud et *al.*, 2011). La régénération naturelle par semis est rarement constatée en milieu réel (Krichen et *al.*, 2014). En outre, les effets du changement climatique sur la région méditerranéenne devraient entraîner des périodes de sécheresse plus fréquentes et plus longues, des augmentations de la température et des changements dans les régimes de précipitations (Osborne et *al.*, 2000 ; Rey et *al.*, 2011 ; Hirche et *al.* 2007). Ce problème peut affecter négativement la reproduction sexuée de cette espèce (Ramírez et *al.*, 2008). La dynamique de dégradation est rapide et lorsque la régénération naturelle s'avère difficile, l'étude des exigences germinatives des espèces utilisables dans la réhabilitation des pâturages permet de raisonner le choix du matériel végétal le mieux adapté (Bell et *al.*, 1992). Aussi, en zones arides, où les caractéristiques de la germination sont fortement impliquées dans la sélection pour l'adaptation des végétaux aux conditions du milieu (Jordan et *al.*, 1989 ; Koller, 1995), on peut admettre que la première phase critique de la réhabilitation est celle relative à la germination des espèces à valoriser. D'où l'intérêt d'étudier les aptitudes germinatives des semences de cette plante. La maîtrise de la multiplication par semences contribuerait à la préservation de l'espèce et à la proposition des orientations pour l'aménagement des steppes alfatières. L'objectif de ce travail est

d'étudier les effets de certains prétraitements et de la saison sur l'amélioration de la germination des semences de *Stipa tenacissima*.

Matériels et Méthodes

Provenance des semences

Les semences utilisées dans ce travail ont été collectées pendant le mois de mai 2015, au niveau de la commune rurale de Ain Béni Mathar, dans la localité dite Sehb Al Harmel (N 34°03'49.8" W 001°56'24.3 ") qui fait partie des hauts plateaux du Maroc oriental. Les semences collectées ont été nettoyées et mises dans des sachets en papier et conservées durant 6 mois au laboratoire du Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Oujda. Il s'agit des semences de la sous espèce *S. tenacissima* subsp. *tenacissima* avec une gaine glabre et un paléole à apex poilu.

Description des semences

La semence de *Stipa tenacissima* est un caryopse qui mesure de 8 à 12 mm de longueur (caryopses sans les glumes et arête), linéaire, allongé avec un hile formant le sillon longitudinal (Figure 1). Sa partie supérieure est prolongée par une longue arête velue-plumeuse uni-genouillée. Le caryopse est un fruit sec, indéhiscant, à une seule semence dont le tégument est soudé au péricarpe du fruit.

Déroulement de l'expérimentation

L'expérimentation a été conduite dans une serre vitrée du Centre Régional de la Recherche Agronomique (CRRRA d'Oujda, coordonnées GPS : 34°39'04.96" N, 01°53' 48.30" O).

Le travail porte sur des essais de germination des caryopses d'Alfa en étudiant l'effet de six prétraitements sur le taux et le temps de latence de germination pendant deux périodes différentes :

- P1 : Période d'hiver pendant 30 jours ; du 11 décembre 2015 au 10 janvier 2016. La température moyenne journalière a varié de 10 à 25 °C.
- P2 : Période de printemps pendant 30 jours entre 15 mars et 14 avril 2016 et durant laquelle la température moyenne journalière sous serre a varié de 30 à 40 °C.

Les semences utilisées ont été soigneusement triées et seules celles ne présentant aucune anomalie morphologique apparente ont été gardées pour l'expérimentation. Par la suite, elles ont été désinfectées à l'eau de Javel à 1% pendant cinq minutes puis rincées à l'eau distillée trois fois.

Les prétraitements appliqués sont :

- T₀ : Témoin (caryopses sans traitement),
- T₁ : caryopses stratifiés à une température (+5°C) pendant un mois,
- T₂ : caryopses stratifiés à une température (+5°C) pendant deux semaines,
- T₃ : caryopses stratifiés à une température (+5°C) pendant une semaine,
- T₄ : caryopses trempés dans l'eau courante pendant 72 heures,
- T₅ : caryopses trempés dans l'eau courante pendant 48 heures,
- T₆ : caryopses trempés dans l'eau pendant 24 heures.

Protocole

Les lots des semences ont été mis à germer dans des plaques alvéolées contenant du terreau spécial semis pasteurisé. Les plaques utilisées contiennent 48 alvéoles (8X6). Dans chaque alvéole, 5 caryopses ont été mis à germer après avoir été prétraités. Pendant chaque période de l'expérimentation, les 6720 caryopses ont été divisés en 7 lots (témoin et 6 prétraitements) à raison de 240 semences par plaque alvéolée avec quatre répétitions. Le dispositif expérimental est un split-plot avec deux facteurs de variation : le prétraitement (7 types) et la période (2 saisons). Nous avons donc 14 traitements (7X2) et quatre répétitions. Le suivi et le comptage des semences germées ont été réalisés quotidiennement. Une semence est considérée germée dès l'apparition du coléoptile.

Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés ont été :

- Le taux de germination $TG = G/N \times 100$ avec G le nombre de semences germées et N le nombre total des semences mises à germination
- Le temps de latence : est le temps écoulé entre le semis et la première germination (c'est à dire l'apparition du coléoptile).

Analyses statistiques

Après transformation en arc sinus de tous les pourcentages, les données de germination ont été soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs de variation (prétraitement et saisons) à l'aide du programme SPSS. Les moyennes sont comparées par le test de Tukey afin de déterminer les groupes homogènes à $\alpha=0,05$.

Résultats

L'analyse de la variance a montré des effets très hautement significatifs du prétraitement, de la saison et de l'interaction **Prétraitement x Saison** sur le taux de germination. Alors que pour la variable temps de latence de germination, les effets du prétraitement et de la saison ont été significatifs mais pas leur interaction.

Effet du prétraitement

Indépendamment de la période, les taux de germination les plus importants ont été observés suite au trempage dans l'eau courante. Ainsi les pourcentages moyens de germination, toute période confondue, ont été de 57%, 52% et 51% respectivement pour les trempages dans de l'eau pendant 24 heures, 48 heures et 78 heures (T6, T5 et T4). Alors que le traitement au froid pendant une semaine, deux semaines et un mois (T1, T2 et T3) ont enregistré des taux de germination inférieurs au témoin (T0) (Figure 2). Par ailleurs, la figure 3 montre que, toutes périodes confondues, les temps de latence les plus courts (entre 5 et 6 jours) ont été observés pour les prétraitements relatifs au trempage dans l'eau (T6, T5 et T4). Au contraire, pour les prétraitements au froid (T1, T2 et T3), les temps de latence ont varié de 8 à 9 jours, significativement plus longs que le témoin T0 ayant mis, en moyenne, 7 jours entre le semis et la première germination.

Effet de la saison

L'analyse de la variance a révélé un effet significatif de la saison sur le taux et le temps de latence de germination des caryopses d'Alfa. Ainsi, les pourcentages de germination ont significativement varié en fonction de la période. Ils ont été de 47,41% et 34,45% respectivement pour l'hiver et le printemps. Alors que les temps de latence de germination, tous prétraitements confondus, ont été de 6,5 et 7, 1 jours respectivement pour l'hiver et le printemps.

Effet de l'interaction entre le prétraitement et la saison

L'analyse statistique a montré un effet très hautement signification de l'interaction entre le prétraitement et la saison sur le taux de germination des caryopses de *S. tenacissima* (Figure 4). En hiver (P1), le taux de germination moyen a été significativement amélioré par trempage dans l'eau (Tableau 1). Le meilleur taux de germination (70%) a été observé pour le trempage dans l'eau pendant 24 heures, suivi par le trempage dans l'eau courante pendant 48 heures (64%) et puis le trempage dans l'eau pendant 72 heures (61%). Par contre, les prétraitements au froid ont significativement affaibli la capacité germinative des caryopses (entre 29 et 35%) comparativement aux caryopses non traités (Témoin) qui ont enregistré un taux de germination de l'ordre de 40%.

Au printemps (P2), les performances de germination ont été moins importantes. Le taux de germination les plus élevés ont été enregistrés suite au trempage dans de l'eau courante pendant 24 heures (44%), pendant 48 heures (41%) et pendant 72 heures (40%). Les taux les plus faibles ont été observés pour le traitement au froid pendant un mois (25%), deux semaines (27%) et une semaine (28%) qui ont été significativement inférieurs au taux de germination des caryopses non traités (Témoin) qui ont enregistré 36 %.

Temps de latence de germination

La figure 6 relate l'évolution temporelle des taux de germination durant l'hiver et le printemps. Il en ressort que pendant la période hivernale, l'apparition des premières germinations est observée dès le cinquième jour après semis pour les semences trempées dans l'eau (T6, T5 et T4) alors que pour les autres prétraitements, les premières germinations ont été enregistrées à partir du 8^{ème} jour. Par ailleurs, le taux maximum de germination obtenu pour une durée de 13 jours pour le trempage dans l'eau pendant 24 heures (T6), de 15 jours pour le traitement dans l'eau pendant 48 heures (T5) et de 16 jours pour le trempage dans l'eau pendant 72 heures (T4). Pour les semences non traitées, le pic de germination n'a été atteint que pendant le 18^{ème} jour, alors que les traitements au froid à 5°C semblent retarder la germination et le taux maximum n'est atteint qu'au 20^{ème} jour.

Pour la période printanière, le temps de latence est de 6 jours pour les trempages dans de l'eau (T6, T5 et T4), 7 jours pour le témoin (T0), 8 jours pour le traitement au froid pendant une semaine et deux semaines (T3 et T2) et 9 jours pour le traitement au froid pendant un mois (T1). Quant au taux maximal de germination, il a été atteint dès le 14^{ème} jour pour le T6 et le T5 et au 15^{ème} jour pour le T4. Pour T0, le maximum de germination est observé à partir du 18^{ème} jour. Alors qu'il n'est atteint qu'à partir du 22^{ème} jour pour les traitements T1, T2 et T3.

Discussion

La germination des caryopses de *Stipa tenacissima* varie selon le type de traitement appliqué et selon la saison. Le trempage dans l'eau courante des semences avant leur mise en germination a eu un impact positif sur la capacité et la cinétique de germination. Tandis que le traitement au froid (stratification) a eu un effet négatif sur la germination étant donné que les performances atteintes ont été en deçà de celles du témoin. L'effet positif du trempage dans l'eau a été rapporté par plusieurs auteurs qui ont démontré que le trempage dans l'eau permet la dissolution de certaines substances inhibitrices de la germination comme les phénols existant au niveau des enveloppes des téguments des semences de certaines espèces (Mazliak, 1982 ; Heller et al. 1990 et Tadros et al., 2011). Par ailleurs, il a été constaté que le taux de germination des semences diminue légèrement quand la durée de trempage augmente : il est passé de 70% pour une durée de trempage de 24 heures (T6) à 64% et 62% respectivement pour des durées de trempage de 48 heures (T5) et 72 heures (T4). Cette diminution pourrait être expliquée par le fait qu'au-delà de 24 heures, l'imbibition à l'eau exposerait l'embryon et le coléoptile, gorgés d'eau et de protéines, à des pourritures et aux attaques parasitaires (Ahoton et al., 2009).

Quant à l'effet de la saison, les résultats ont montré que le taux et le temps de latence de germination ont été significativement meilleurs pour la période hivernale que pour la période printanière. Cela serait probablement dû au facteur température. En effet la température sous serre enregistrée en hiver a varié entre 10 et 25 °C alors qu'au printemps, la température a oscillé de 30 à 40 °C. Des résultats similaires rapportés par Mehdadi et al. (2004) ont montré qu'un trempage dans l'eau distillée pendant 24 heures à une température de 25 °C combiné à une scarification mécanique ou chimique (trempage dans l'acide sulfurique durant 10 min) améliore la capacité de germination des semences d'Alfa. Krichen et al. (2014), ont trouvé que des températures comprises entre 10 et 20 °C semblent favorables à la germination des caryopses d'Alfa avec un optimum à 20 °C. Alors que des températures élevées peuvent affecter un certain nombre de processus écophysologiques déterminant la capacité de germination des graines, notamment la perméabilité membranaire, l'activité des protéines liées à la membrane et les enzymes du cytosol (Bewley et Black, 1994).

Par ailleurs, les traitements au froid pendant 1 mois (T1), pendant deux semaines (T2) et pendant une semaine (T3) ont eu un effet significativement négatif sur la germination. Cela serait dû au fait que le prétraitement au froid pourrait entraîner une dormance induite (Mazliak, 1982 et Heller et al., 1990). Néanmoins, le prétraitement au froid pourrait être positif ou négatif selon les espèces (Neffati et al., 1996).

Quant à la cinétique de germination, nous avons trouvé que le trempage dans l'eau courante provoque un temps de latence plus court en comparaison avec le témoin et les prétraitements au froid. Et cela est d'autant plus prononcé en période hivernale qu'en période printanière. L'Alfa peut germer rapidement lorsque les conditions de germination sont favorables (Krichen et al., 2014). Ainsi, la vitesse de germination a été affectée par la température et par le stress hydrique. Un potentiel hydrique de -0,8 MPa a provoqué une augmentation significative du temps de latence de germination alors que la température de 20 °C a permis un temps moyen de germination court, une vitesse de germination rapide et un pourcentage de germination final élevé (Krichen et al., 2014). Brown (1995) confirme que plus les conditions de stress hydrique sont élevées, plus la germination totale et la vitesse de

germination sont faibles. Hamasha et Hensen (2009) rapportent qu'en plus des facteurs environnementaux, qui ont une grande influence sur la germination, des facteurs génétiques peuvent influencer la réponse de la germination des semences.

Conclusion

Le taux et la cinétique de germination pourraient être améliorés par le trempage dans l'eau. L'imbibition des semences de *Stipa tenacissima* L. durant 24 h sous un régime de température 10-25 °C s'est avéré optimal pour lever la dormance, améliorer la capacité germinative et aussi pour avoir une germination rapide et uniforme. Une imbibition des semences au-delà de 24 h, la germination est moins importante et donc ne semble pas nécessaire, bien qu'elle améliore significativement la germination comparée à celle des semences non traitées. Alors que le traitement au froid s'est montré préjudiciable pour la germination des caryopses de *Stipa tenacissima*. Il est donc fortement recommandé d'éviter ce type de prétraitement pour les semences de cette espèce.

L'étude des conditions optimales de la germination des caryopses de l'alfa montre que la germination exige des températures comprises entre 10-25°C, un régime de température variant entre 30 et 40 °C et affecte négativement la capacité et la cinétique de germination. Pour avoir une germination importante et homogène il serait nécessaire d'opter pour une combinaison d'un trempage dans l'eau pendant 24 heure et un régime de température modéré de l'ordre de 10-25°C et d'éviter le prétraitement au froid et les fortes chaleurs.

Et pour améliorer davantage les pourcentages de germination, il serait opportun de tester d'autres prétraitements combinant le trempage dans l'eau durant 24h et d'autres prétraitements physicochimiques notamment les prétraitements hormonaux.

Enfin, l'amélioration de la germination des semences de cette espèce ouvrirait des pistes potentielles pour la maîtrise de multiplication en pépinière de cette espèce autochtone caractéristique des hauts plateaux marocains et, de là, contribuer à la réhabilitation des pâturages dégradés.

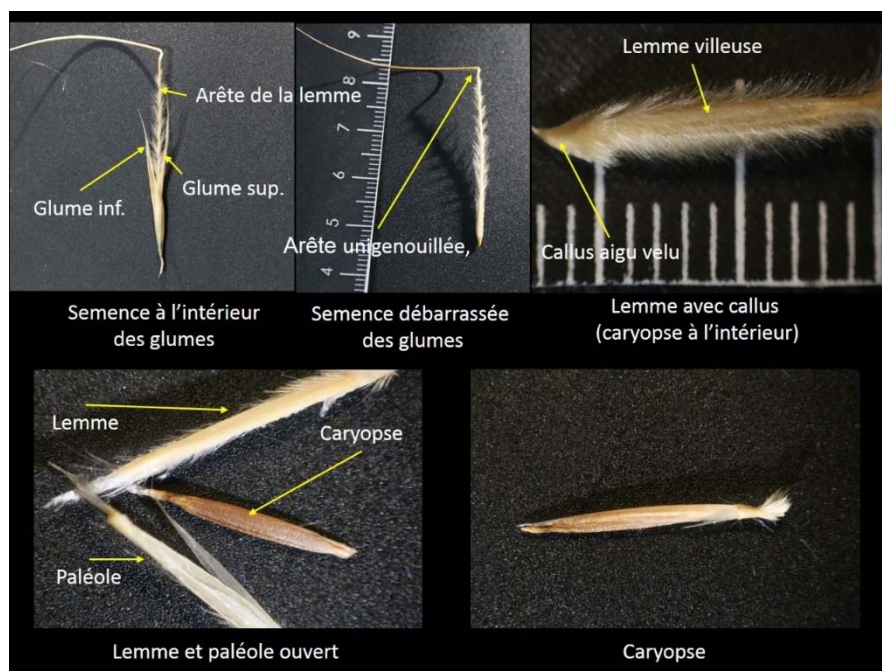


Figure 1 : Caryopse de *Stipa tenacissima*

Tableau 1 : Taux de germination des semences de *Stipa tenacissima* selon le prétraitement appliqué pendant la période hivernale (régime de température 10-25 °C).

Prétraitements	Taux de germination (%)
T0 : semences non prétraitées	39,66 ±1,0c
T1 : caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 mois	28,59 ±0,5d
T2 : caryopses stratifiés à +5°C pendant 2 semaines	33,00 ±0,5d
T3 : caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 semaine	35,21 ±0,5d
T4 : caryopses trempés dans l'eau courante pendant 72h	61,57 ±0,5 b
T5 : caryopses trempés dans l'eau courante à pendant 48h	63,70 ±0,6 b
T6 : caryopses trempés dans l'eau courante pendant 24 h	70,12 ±0,8 a

Tableau 2 : Taux de germination des semences de *Stipa tenacissima* selon le prétraitement appliqué pendant la période printanière (Température entre 30 et 40 °C).

Prétraitements	Taux de germination (%)
T0 : semences non prétraitées	35,6 ±0,6 b
T1 : caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 mois	24,9 ±0,9 c
T2 : caryopses stratifiés à +5°C pendant 2 semaines	27,1 ±0,3 c
T3 : caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 semaine	28,5 ±0,5 c
T4 : caryopses trempés dans l'eau courante pendant 72 h	40,1 ±0,6 a
T5 : caryopses trempés dans l'eau courante à pendant 48 h	41,2 ±1,6 a
T6 : caryopses trempés dans l'eau courante pendant 24 h	43,8 ±0,9 a

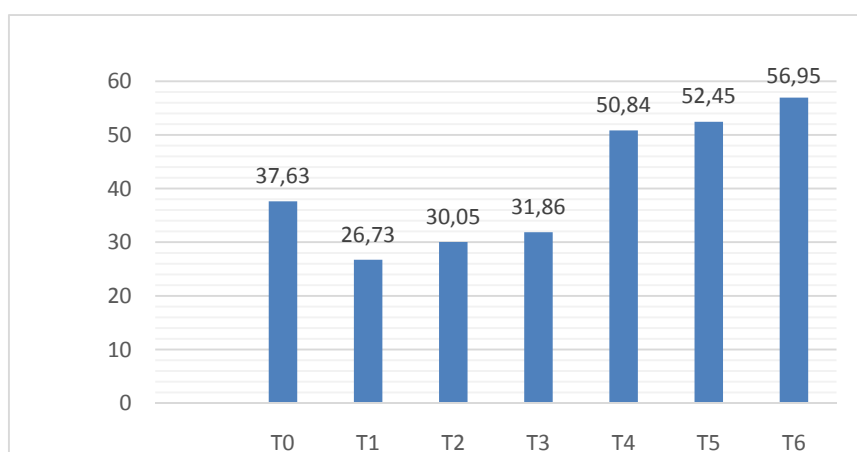


Figure 2 : Effet du prétraitement sur le taux moyen de germination des caryopses de *Stipa tenacissima* toutes périodes confondues.

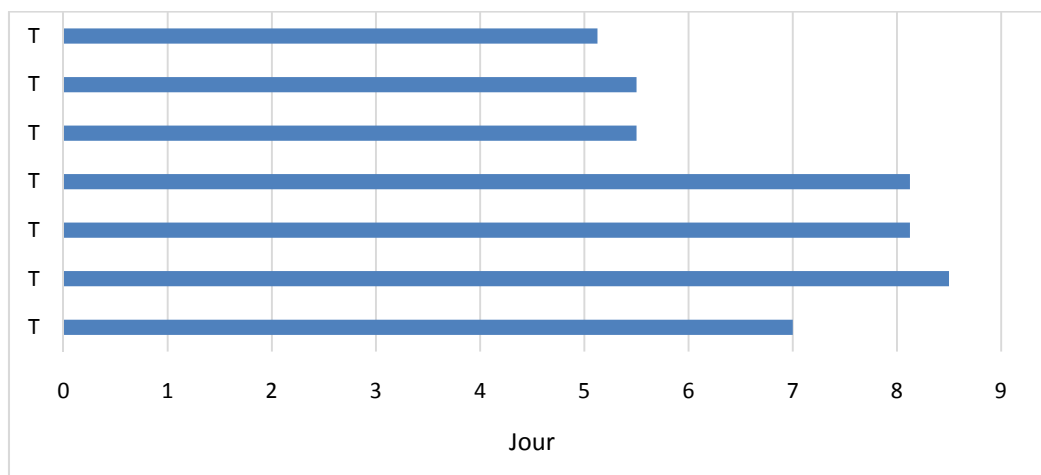


Figure 3 : Effet du prétraitement sur le temps de latence de germination des caryopses de *Stipa tenacissima* indépendamment de la saison

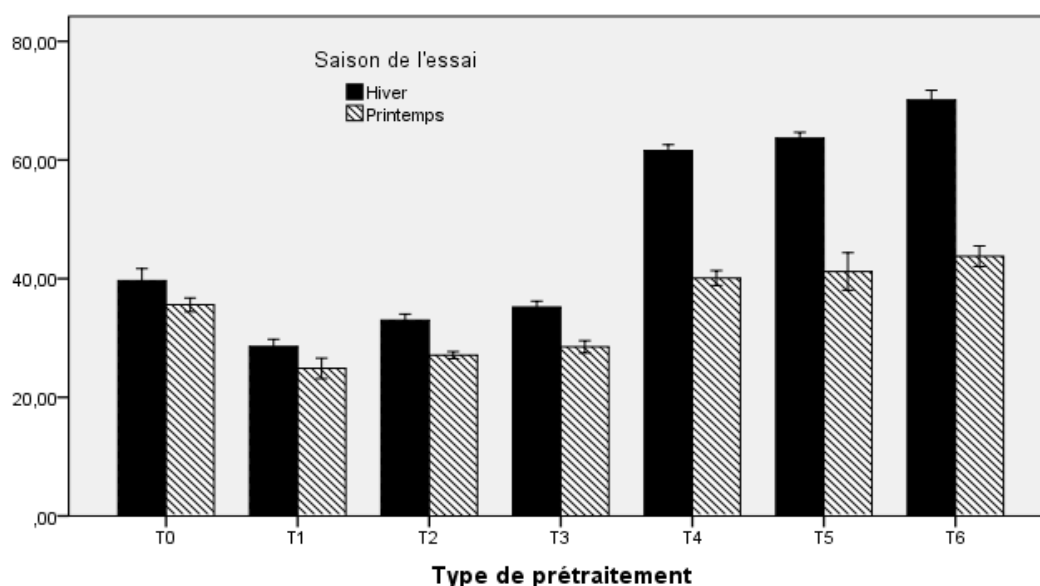


Figure 4 : Variation du taux de germination (en %) des semences de *Stipa tenacissima* selon le prétraitement appliqué et selon la saison.

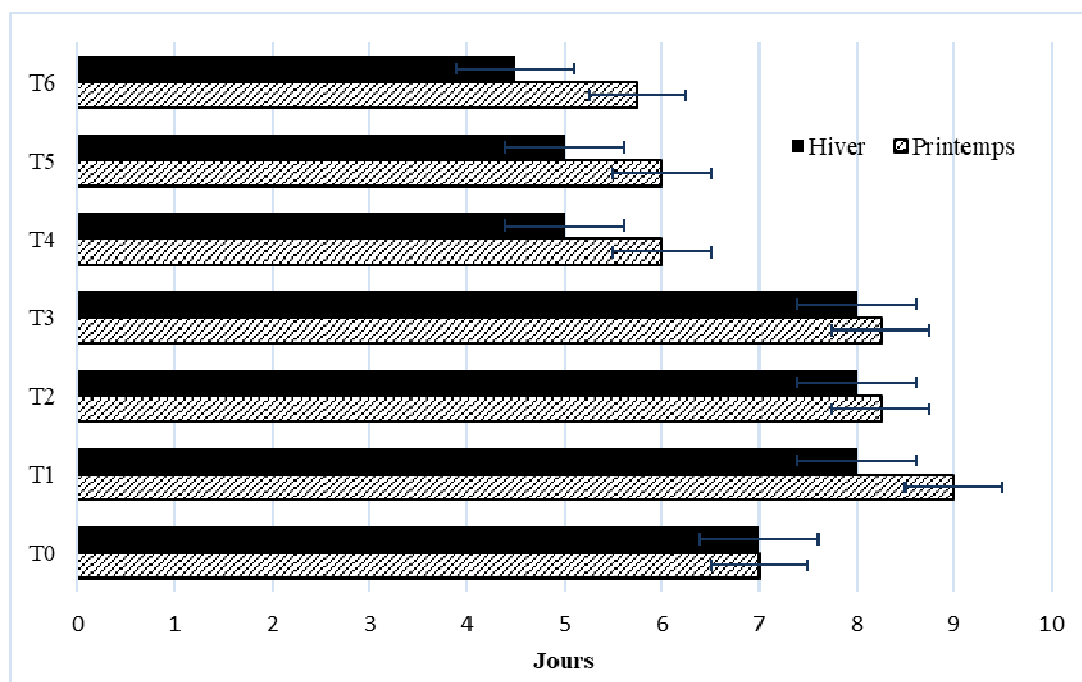


Figure 5 : Temps de latence de germination (en jours) en fonction du prétraitement appliqué et de la Saison.

T₀: Témoin (semences non prétraitées), T₁: caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 mois, T₂: caryopses stratifiés à +5°C pendant 2 semaines, T₃: caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 semaine, T₄: caryopses trempés dans l'eau courante à température ambiante pendant 72 heures, T₅: caryopses trempés dans l'eau courante à température ambiante pendant 48 heures et T₆: caryopses trempés dans l'eau à température ambiante pendant 24 heures

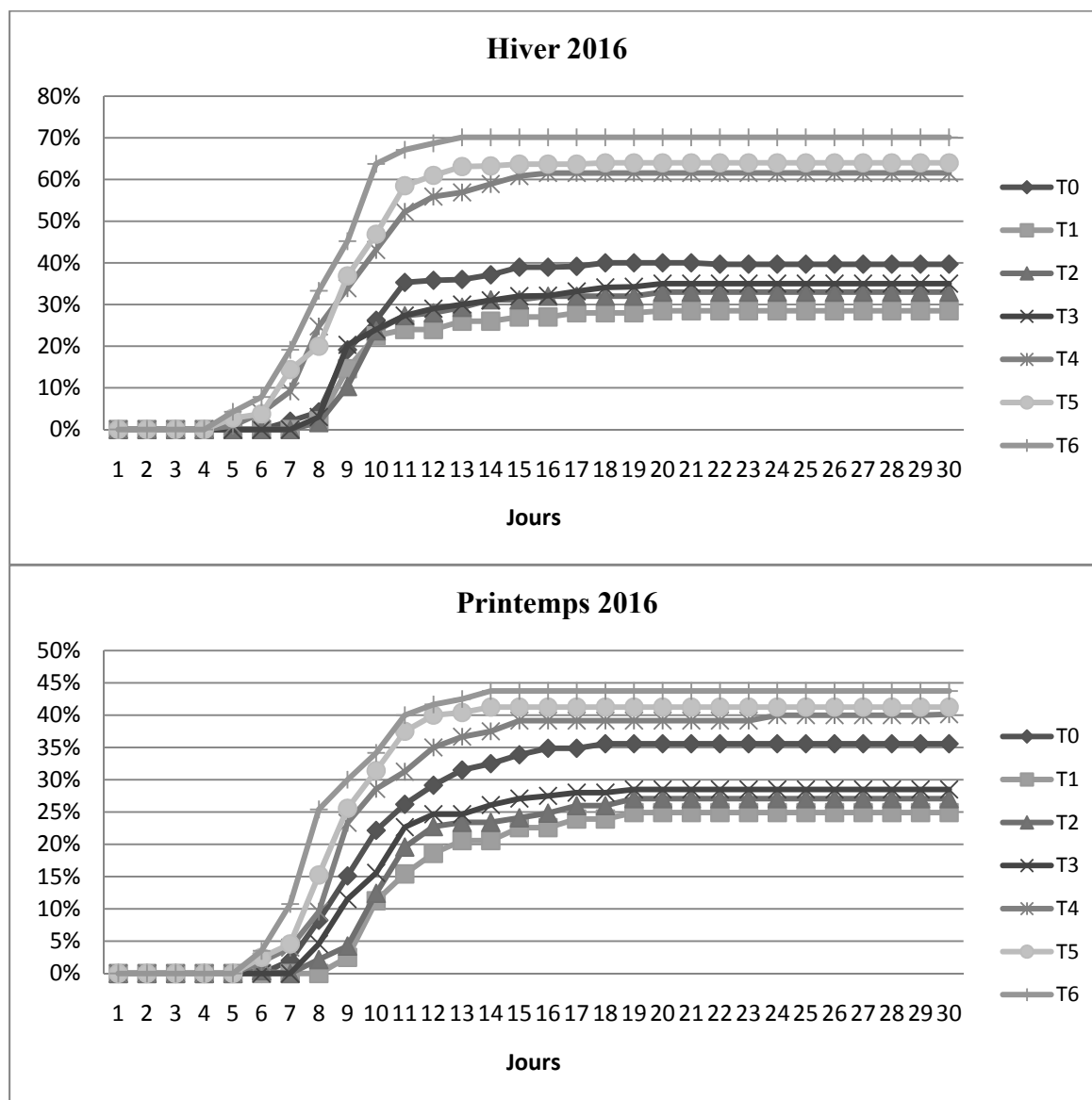


Figure 6. Cinétique de germination des semences de *Stipa tenacissima* en fonction du prétraitement appliqué et de la saison

T₀: Témoin (semences non prétraitées), T₁: caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 mois, T₂: caryopses stratifiés à +5°C pendant 2 semaines, T₃: caryopses stratifiés à +5°C pendant 1 semaine, T₄: caryopses trempés dans l'eau courante à température ambiante pendant 72 heures, T₅: caryopses trempés dans l'eau courante à température ambiante pendant 48 heures et T₆: caryopses trempés dans l'eau à température ambiante pendant 24 heures

Références bibliographiques

- Ahoton L.E., Adjakpa J.B., Ifonti M. et Akpo E.L. (2009). Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). TROPICULTURA. Vol. 27(4). p. 233-238.
- Aidoud A., Slimani H., Rozé F. (2011). La surveillance à long terme des écosystèmes arides méditerranéens : quels enseignements pour la restauration ? Cas d'une steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie. *ecologia mediterranea*. Vol. 37 (2). p. 17-32.
- Barreña L.A., Rivera D., Alcaraz F.J. et Alcaraz F.J. (2006). The Esparto Grass Question: A Systematic Approach for a Long-Lasting Problem in *Stipa* L. (Gramineae). *Novon A Journal for Botanical Nomenclature* 16 (Apr 2006). Vol. 16 (1) p. 5-16
- Bewley, J.D and Black M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, London. p. 445.
- Brown, R., 1995. The water relations of range plants: adaptations to water deficits (pp. 291–413) In: Bedunah, D.J., Sosebee, R.E. (Eds.), *Wildland Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology*. Society for Range Management, Denver, Colorado, USA. p. 710.
- Hamasha H.R. and Hensen I. (2009). Seed germination of four Jordanian *Stipa* spp.: differences in temperature regimes and seed provenances. *Plant Species Biology* 24. P. 127–132.
- Heller R., Esnault R. et Lance C. (1990). *Abrégés de physiologie végétale*. Tome II. Paris : Masson, 1990. 266 p.
- Krichen K., Ben Mariem H. et Chaieb M. (2014). Ecophysiological requirements on seed germination of a Mediterranean perennial grass (*Stipa tenacissima* L.) under controlled temperatures and water stress. *South African Journal of Botany* 94. p. 210–217.
- Le Houérou H.N. (1990). *Recherches écoclimatiques et biogéographiques sur les zones arides de l'Afrique du Nord*. Thèse de Doctorat d'État, Université Paul Valéry, Montpellier, 2 Tomes. 184 p. et 189 p. + annexes. 182 p..
- Maatougui A., Acherkouk M. et El Houmaizi M.A. (2011). *Les Pâturages Steppiques de l'Oriental Marocain: L'essentiel sur l'état de dégradation et les voies d'amélioration*. Rabat (Maroc) : INRA-Edition 2011.
- Mazliak P. (1982). *Croissance et développement : physiologie végétale*. Tome II., Paris : Hermann. 465 p.
- Mehdadi Z., Benaouda Z., Latreche A., Benhassaini H. et Bouchaour I. (2004). Contribution à l'étude de la régénération naturelle de *Stipa tenacissima* L. dans les hautes plaines steppiques de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale). *Sécheresse* (Montrouge). 2004, Vol 15 (2). p. 167-171, 5 p.
- Milton S.J., Dean W.R.J., Du Plessis M.A. et Siegfried W.R. (1994). A conceptual model of arid rangeland degradation. *BioScience* 1994. 44. p. 70-76.

- Moulay A., Benabdeli K. et Morsli A. (2011). Contribution à l'identification des principaux facteurs de dégradation des steppes à *Stipa tenacissima* du sud-ouest Algérien. Rev. Mediterránea, Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante. Serie De Estudios Biológicos, 2011 Época II. 22. p. 149-188.
- Moulay A. (2013). Contribution à l'étude de la régénération naturelle et artificielle de *Stipa tenacissima* L. dans la région steppique occidentale (Algérie). Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques, 173 p. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département de Biologie Laboratoire Géo-Environnement et Développement des Espaces, 2013.
- Nedjraoui D. (1990). Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) aux conditions stationnelles. Contribution à l'étude de fonctionnement de l'écosystème steppique. Thèse Doctorat., Univ. Sci. Tech. H. Boumediène, Alger. 256 p.
- Neffati M., Behaeghe T., Akrimi N. et Le Floc'h E. (1996). Viabilité des semences de quelques espèces pastorales steppiques tunisiennes en rapport avec les conditions de leur conservation. Ecologia mediterranea 1996 ; XXII. p. 39-50.
- Osborne C.P., Mitchell P.L., Sheehy J.E. and Woodward F.I. (2000). Modelling the recent historical impacts of atmospheric CO₂ climate change on Mediterranean vegetation. Global Change Biology. 6. p. 445–458.
- Ozenda P. (1991). Flore et végétation du Sahara. Paris, édition du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). 662 p.
- Puigdefabregas J. et Sanchez G. (1996). Geomorphological implications of vegetation patchiness on semi-arid slopes. In: Advances in Hillslope processes (vol. 2), M.G. Anderson & S.M. Books (eds). p. 1028-1060.
- Ramírez D.A., Valladares F., Domingo F. and Bellot J. (2008). Seasonal water-use efficiency and chlorophyll fluorescence response in alpha grass (*Stipa tenacissima* L.) is affected by tussock size. Photosynthetica. 46. p. 222–231.
- Rey A., Pegoraro E., Oyonarte C., Were A., Escribano P., Raimundo J. (2011). Impact of land degradation on soil respiration in a steppe (*Stipa tenacissima* L.) semi-arid ecosystem in the SE of Spain. Soil Biology and Biochemistry. 43. p. 393–403.
- Tadros M.J., Samarah N. H. et Alqudah A.M. (2011). Effect of Different Pre-Sowing Seed Treatments on the Germination of *Leucaena leucocephala* (Lam.) and *Acacia farnesiana* (L.). New Forests. 42 (3). p. 397. <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9260-1>.
- Zeriahène N. (1987). Étude du système racinaire de l'alfa en relation avec l'adaptation au xérophytisme. Thèse de magistère, Université d'Oran. 113 p.