



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet des traitements sur la germination de *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan au Niger, sahel

Ismael BIO YANDOU^{1*}, Idrissa SOUMANA², Habou RABIOU¹ et Ali MAHAMANE^{1,3}

¹ Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, BP : 78 Diffa-Niger.

² Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP : 429 Niamey-Niger.

³ Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP : 10662 Niamey-Niger.

* Auteur correspondant ; E-mail : ismoprino2@yahoo.fr, Tel : 00(227) 96 45 24 33 / 91 19 86 17.

RESUME

Acacia tortilis est une espèce ligneuse à usages multiples au Niger qui subit une forte pression anthropique. La maîtrise de la germination de sa graine nécessite attention particulière pour la multiplication de l'espèce. Des essais sur la germination ont été conduits sur les graines de *Acacia tortilis*. L'objectif de cette étude était d'évaluer le taux de germination des graines en fonction des traitements et des unités géomorphologiques. Les essais ont été conduits sur 30 jours dans le laboratoire de l'Université de Diffa. Au total 15 traitements avec 4 répétitions ont été effectués. Les meilleurs résultats sont observés au niveau de 3 traitements notamment, les trempages dans l'acide sulfurique pendant 60 et 120 minutes et la scarification manuelle à l'aide d'un papier abrasif avec des taux de germinations respectifs de 95%, 83,75% et 76,3%. Le passage dans les tractus digestifs des caprins et des ovins n'a pas donné de taux de germination des graines au même titre que le traitement à l'acide sulfurique. Quant à la géomorphologie du site, elle n'a aucun effet sur le pouvoir germinatif des graines de *Acacia tortilis*. Par contre une variation des poids des échantillons de graines a été observée avec 1,75 g/échantillon pour le replat dunaire et le versant, et 1 g/échantillon pour la cuvette.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés: *Acacia tortilis*, traitements, germination des graines, Niger, Sahel.

Effect of treatments on germination of *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan in Niger, sahel

ABSTRACT

Acacia tortilis is a multi-use woody species in Niger that is under strong anthropogenic pressure. The control of the germination of its seed requires particular attention for the multiplication of the species. Germination tests were conducted on *Acacia tortilis* seeds. The objective of this study was to evaluate the germination rate of seeds according to treatments and geomorphological units. The tests were conducted over 30 days in the laboratory of the University of Diffa. A total of 15 treatments with 4 repetitions were performed. The best results are observed in 3 treatments, in particular, soaking in sulphuric acid for 60 and 120 minutes and manual scarification using abrasive paper with germination rates of 95%, 83.75% and 76.3% respectively. The passage of goats and sheep through the digestive tract did not result in a seed germination rate similar to that of sulphuric acid treatment. As for the geomorphology of the site, it has no effect on the

germination capacity of *Acacia tortilis* seeds. However, a variation in the weights of the seed samples was observed with 1.75 g/sample for the dune flat and slope, and 1 g/sample for the bowl.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Keywords: *Acacia tortilis*, treatments, seed germination, Niger, Sahel.

INTRODUCTION

Connu sous le nom de faux gommier, *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan, est l'une des xérophytes clés des écosystèmes saharien et sahélien, qui se développe entre les isohyètes 50 et 1000 mm (Danthu et al., 2003). Dans ces zones bioclimatiques, les communautés locales dépendent en partie des services qu'offre cette plante. Outre l'atténuation des événements climatiques extrêmes par la séquestration du carbone atmosphérique, *A. tortilis* contribue à la conservation des sols grâce à son système racinaire pivotant et son fort potentiel de fixation de l'azote atmosphérique par ses relations symbiotiques avec les rhizobiums et les mycorhizes (Traoré et al., 2007). Au-delà des bénéfices écologiques, les parties et les produits de la plante font l'objet d'intenses usages multiples parmi lesquels l'alimentation humaine et animale, le traitement de certaines maladies, le commerce (Diouf et al., 2003 ; Jaouadi et al., 2015). Ainsi, les feuilles, les fruits et les fleurs sont des compléments alimentaires pour les ruminants domestiques ; son bois est utilisé dans la production de l'énergie, la fabrication d'objets divers tels que les boîtes, les poteaux, les contreplaqués, les manches des armes, les meubles, la construction de maisons et d'outils agricoles ; la gomme est utilisée dans certains pays du Maghreb dans la fabrication des colorants ; les écorces des racines et des tiges, les tiges, le bois et les feuilles sont utilisés dans le soin de plusieurs maladies entre autres la malaria, la diarrhée, la diphtérie.

A. tortilis joue un rôle socioéconomique et écologique important si bien qu'une bonne maîtrise de ces contraintes peut permettre de garantir durablement ses services. L'espèce est confrontée à de multiples contraintes biotiques et abiotiques, la préservation de ces services pour le bien-

être des populations est un enjeu considérable. Parmi les contraintes abiotiques majeures, on peut énumérer les activités anthropiques, les changements climatiques, la faiblesse des précipitations, la baisse de la nappe phréatique. En ce qui concerne les contraintes biotiques, les travaux ont relevé surtout la mauvaise qualité des graines produites, le faible stock séminal du sol dû en grande partie à la consommation des gousses par les herbivores juste après leur chute constituent un facteur limitant dans l'écologie de l'espèce (Ward et al., 2010 ; Jaouadi et al., 2013). En effet, les contraintes majeures au renouvellement de ces populations en condition naturelle résident principalement dans la germination de leurs graines. La structure anatomique du tégumentaire de la graine de *A. tortilis* est typique des légumineuses qui se traduit par une forte inhibition tégumentaire de la germination (Jaouadi et al., 2010). Elle est composée de l'extérieur vers l'intérieur de la graine d'une cuticule cireuse fine, d'une couche de cellules palissadiques, des cellules des Malpigi disposées radialement et dont l'épaisseur est comprise entre 80 et 90 μm , d'une couche de cellules en forme de sablier, des ostéoclérides, nettement séparées les unes des autres et d'un tissu parenchymateux interne composé de cellules à parois cellulosesiques d'une épaisseur comprise entre 130 et 180 μm . L'imperméabilité des graines est due en grande partie, aux cellules palissadiques constituées d'hémicellulose et de pectine qui deviennent dures et hydrophobes dans les derniers stades de maturation des graines (Danthu et al., 2003). Cette imperméabilité tégumentaire des graines constitue un obstacle à la germination et un handicap pour la production de l'espèce en pépinière et aussi sa régénération en conditions naturelles. Pour franchir cet

obstacle, des traitements des graines s'avèrent nécessaire.

Par ailleurs, plusieurs travaux de recherche ont porté sur le faux gommier en Afrique du Nord et au Moyen Orient. On peut citer entre autres les travaux de Jaoudi et al. (2010) et de Ward et al. (2010) sur la germination des graines d'*Acacia tortilis*, Fterich et al. (2012) sur l'effet de l'intensité de la pâture sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol sous le faux gommier, Jaouadi et al., (2015) sur l'usage ethnobotanique et ethnopharmacologique de la plante. Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'amélioration des connaissances sur l'espèce en milieu sahélien au Niger. Il vise à évaluer la capacité germinative des graines de *Acacia tortilis*. Il s'agit spécifiquement (i) d'analyser l'effet des différents prétraitements, (ii) de déterminer l'effet de la géomorphologie et de l'ingestion des graines par les animaux sur leur capacité germinative et (iii) enfin d'évaluer la vitesse de germination pour chaque prétraitement.

MATERIEL ET METHODES

Description de la zone d'étude

L'étude a été conduite de mars à avril 2017 à Diffa, dans le Laboratoire de Biologie de la Faculté d'Agronomie de l'Université de Diffa. La Région de Diffa est localisée à l'extrême Est du Niger, entre 13°04' et 18°00' de latitude Nord et 10°30' et 15°35' de longitude Est (Figure 1). Le climat est de type tropical sec et appartient au centre d'endémisme sahélien avec une pluviosité et une température moyennes annuelles de 306±103,1 mm et 27,2 °C respectivement. Les mois plus humides sont juillet et août avec des moyennes annuelles situées entre 82 et 147 mm. Le mois de mai est le plus chaud et janvier le plus frais. Du point de vue phytogéographique, Diffa est localisée dans le compartiment Nord-sahélien oriental C3 (Saadou, 1990), caractérisé par une végétation steppique sur différents types de substrats. Il s'agit de dunes aplanies par des transgressions lacustres, des ergs anciens à dunes transversales, des cordons dunaires et plages perchées périlacustres et des terrasses

argileuses surplombant la vallée de la KomadougouYobé. La flore est composée essentiellement de *Acacia tortilis*, *Salvadora persica*, *Commiphora africana*, *Ipomoea kotchyana*, *Coccinia grandis*, *Astenatherum forskalaei*, *Corallocarpussp.*, *Commicarpus helenae*, *Pennisetum violaceum* (Ada et Mahamane, 1999). Le site d'étude est inclus dans la zone d'emprise de la Grande Muraille Verte.

L'espèce appartient à la famille des Fabaceae et du genre *Acacia* (Figure 2). Elle a une forme qui varie de celle d'un petit arbuste ou buisson à celle d'un arbre atteignant 21 m de hauteur avec une cime typiquement aplatie et étalée, mais parfois arrondie (Arbonnier, 2000). La cime se présente comme une couronne en parasol, aplatie et étalée, mais parfois également arrondie et à feuillage plus moins dense (Salif, 2001 ; Diouf et al., 2012 ; Jaouadi et al., 2015). Les feuilles sont alternes, bipennées et présentent plusieurs paires de pinnules portant des folioles. Elles ont 2 à 6 paires de pétioles secondaires. Chaque pétiole porte 5 à 12 paires de folioles (Jaouadi et al., 2010). Les fleurs sont blanches et jaunes pâles, odorantes, groupées en glomérules sphériques. Les fleurs sont portées par de longs pédoncules. La fleur est régulière, avec une corolle à 5 pétales réduits (Hannani et Chehma, 2012). Les épines sont longues, droites et blanches, ou petites, brunâtres et courbées. Elles sont droites la plupart de 5-10 cm de long, ou courbe de 0,5 cm de long blanches disposées à la base des feuilles (Le Floch et Grouzis, 2003). Le fruit est une gousse comprimée d'un polymorphisme spectaculaire avec au moins six classes de 10 à 15 cm de long et 5 mm de large, verte au stade juvénile et brun à brun clair à maturité (El Ayadi et al., 2012).

Collecte des semences

Les semences de *Acacia tortilis* utilisées dans cette expérimentation proviennent des peuplements naturels et celles ingérées par les ovins et les caprins. Pour celles provenant des peuplements naturels, elles ont été collectées suivant les trois unités géomorphologiques de la zone, il s'agit des

replats dunaires, versants dunaires et des cuvettes. Au niveau de chaque unité géomorphologique, 50 pieds de *A. tortilis* physiquement sain, c'est-à-dire des individus qui n'ont pas subi de mutilation, ont été choisis pour le besoin de collecte des gousses. Sur chaque pied, des gousses ont été collectées sous houppier, puis sur le pied lui-même en le secouant, dans la période du 23 au 24 décembre 2016, soit un total de deux lots de gousses par unité géomorphologique, un lot de gousses ramassées sous houppiers des pieds et un autre lot de gousses obtenu par secouement des houppiers des pieds porteurs (Figures 3 et 4). Mais compte tenu de la pression pastorale liée à l'émondage et aux broutages des jeunes rameaux dans les cuvettes, il n'a été constitué que le seul lot du sous houppiers des Pieds mères. Les gousses collectées ont été décortiquées puis triées au laboratoire en fonction des unités géomorphologiques. Pour avoir les semences ingérées par les caprins, et les ovins, des fèces de ces animaux ont été collectées dans les enclos des villages situés approximativement à 1 km des sites de collecte des peuplements naturels de *A. tortilis* (Figure 5).

Prétraitements des semences

Avant les opérations de traitement des graines de *A. tortilis*, chaque échantillon de graines (20 graines/échantillon) a été pesé à l'aide d'une balance (CAMRY EK5350). Les traitements suivants ont été appliqués afin de lever leur dormance :

- Trempage dans l'eau bouillante à 100 °C (Ec) des graines dans 4 fois leur volume, puis laissé dans cette même eau qui se refroidit progressivement pendant 24 heures ;
- Scarification à l'acide sulfurique avec immersion complète des graines dans de l'acide non dilué pendant 60 minutes et 120 minutes (H₂SO₄ pendant 60 mn et H₂SO₄ pendant 120 mn). Elles sont retirées de l'acide, puis lavées immédiatement à fond dans un courant d'eau fraîche pendant 15 minutes afin d'éliminer toute trace d'acide ;
- Scarification manuelle (Scm) des graines à l'aide d'un papier abrasif pour limer les enveloppes des graines ;

- Trempage dans l'eau de robinet (Er) des graines pendant 24h ;
- Exposition à la chaleur des graines à 20 °C (Grc40°C2mn) et 40 °C (Grc40°C4mn) pendant deux (2) mn (Grc20°C2mn) et quatre (4) minutes (Grc20°C4mn) ;
- Extraction dans les fèces des graines ayant transitées dans les tractus digestifs des caprins (GrFCap) et des ovins (GrFOv).

Mise en culture des graines de *A. tortilis* et collecte des données

Le semis a été réalisé le 17 mars 2017 dans des boîtes de pétri (5,5 cm de diamètre et 1,4 cm de hauteur) tapissées à leur fond d'un papier filtre, servant de rétenteur d'humidité. Avant le semis, les graines ont été lavées avec de l'eau de javel à 1% puis rincées à l'eau distillée et traitées avec un fongicide (CALTHIO C) contre une éventuelle attaque de champignons. Elles sont arrosées régulièrement à l'eau distillée toutes les 24 heures dès que l'humidité du papier diminue. Chaque traitement a été répété 4 fois à raison de 20 graines par boîte, soit 80 graines par traitement. Les boîtes ont été disposées à la lumière et à la température ambiante. La durée du test a été fixée sur une période de 30 jours. L'émission de la radicule a été retenue comme critère de début de germination. Les paramètres mesurés pour chaque traitement sont :

- ✓ Le taux de germination : (Nombre de graines germées/Nombre de graines mises à germer) x 100 ;
- ✓ Le temps ou la durée de germination en jours : durée entre la première et la dernière germination, qui correspond à la durée de l'expérience (30 jours) ;
- ✓ Le délai de germination en jours : durée entre le semis et la première germination ;
- ✓ Le délai de germination des échantillons par unité géomorphologique ;
- ✓ Le taux de germination en fonction du poids de l'échantillon ;
- ✓ Le délai de germination en fonction du type de prélèvement des gousses

(cueillette ou ramassage sous houppier des semenciers).

Analyses statistiques

L'analyse des données a été effectuée avec le logiciel Minitab 18. Les données n'ayant pas une distribution normale (Test de normalité de Ryan-Joiner) ont été soumises

aux tests non paramétriques notamment le test de Mann-Whitney pour une comparaison des moyennes. L'analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour discriminer les variables testées (prétraitements) et celles mesurées (taux de germination, délai de la première germination et durée de germination).

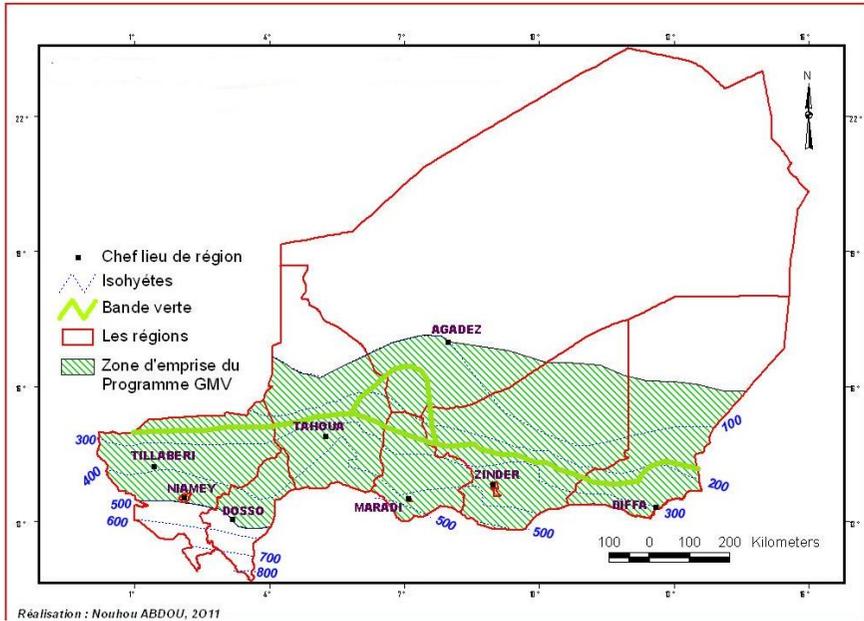


Figure 1: Localisation de la muraille verte dans la zone d'intervention du programme (MHE, 2011).



Figure 2 : Différentes parties de *Acacia tortilis* : A = Pied entier, B = Fruits.



Figure 3 : Cueillette de gousses de *A. tortilis*



Figure 4 : Ramassage de gousses de *A. tortilis*.



○

Figure 5 : Collecte de fèces d'animaux domestiques.



Figure 6 : Graines de *Acacia tortilis* en germination.



Figure 7 : Emission de racicules de graines de *Acacia tortilis*.

RESULTATS

Poids des semences traitées

Les 20 graines ayant les plus grands poids sont celles de la scarification manuelle (Scm, $P = 1,75 \pm 0,50$ g), les graines récoltées sur les pieds des replats dunaires (TGrRepdun, $P = 1,75 \pm 0,50$ g), et les graines récoltées sur pieds des versants des dunes (TGrVersant, $P = 1,75 \pm 0,51$ g). Elles sont suivies successivement par les graines extraites des fèces des caprins (GrFCap, $P = 1,5 \pm 0,58$ g) et les graines ramassées sous houppier sur pieds mères des replats dunaires (TGrShRepdun, $P = 1,25 \pm 0,50$ g). Les autres prétraitements ont les plus faibles valeurs moyennes de poids.

Effets des traitements sur le taux de germination des graines

L'expérimentation a duré 30 jours, l'analyse des données a révélé des variations significatives de taux de germination en fonction du traitement ($P < 0,001$). Les plus forts taux de germination ont été obtenus avec le trempage dans l'acide sulfurique pendant 120 et 60 minutes suivi de la scarification manuelle avec des taux respectifs de $95 \pm 7,07\%$, $83,75 \pm 6,29\%$ et $76,3 \pm 27,50\%$ (Tableau 2). Par contre les faibles taux ont été obtenus avec le chauffage des graines à 20°C pendant 4 minutes, 40°C pendant 2 minutes et 40°C pendant 4 minutes avec des pourcentages respectifs de $3,75 \pm 2,50\%$, $2,5 \pm 5\%$ et $1,25 \pm 2,5\%$.

Effet des traitements sur le délai de la première germination des graines

Les délais de germination les plus significativement courts sont obtenus avec le trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 et 120 minutes avec $3,25 \pm 0,5$ jours chacun et les plus longs est observé au niveau de graines chauffées à 40°C pendant 2 et 4 minutes avec respectivement $23,5 \pm 13$ et $26,75 \pm 6,5$ jours ($P < 0,001$) (Tableau 3).

Effet des traitements sur le temps de germination des graines

Les temps de germination les plus significativement courts sont obtenus au niveau des graines trempées dans l'acide

sulfurique pendant 60 et 120 minutes avec des durées respectives de $2,99 \pm 0,65$ et $3,17 \pm 0,25$ jours ($P < 0,004$). Les temps de germination les plus longs ont été observés avec le chauffage des graines à 40°C pendant 2 et 4 minutes avec une durée de $27,5 \pm 5$ jours chacun.

Cumul des taux de germination

Les graines de *A. tortilis* ayant suivi des traitements divers germent différemment (Figure 8). Les graines germées ont été comptées tous les jours jusqu'à la fin de l'expérimentation. Les premières germinations ont été observées dès le deuxième jour après les semis avec les traitements à H_2SO_4 à 60 minutes, H_2SO_4 à 120 minutes, scarification manuelle et le traitement à l'eau chaude. Entre le 2^{ème} et le 3^{ème} jour, une augmentation substantielle des graines germées a été observée pour les traitements à H_2SO_4 à 60 et 120 minutes (Figure 8). Les maximums de germination ont été obtenus le 5^{ème} et 8^{ème} jour pour les graines traitées à l' H_2SO_4 à 60 mn et 120 mn avec respectivement des taux de germination de $83,75\%$ et 95% qui restent constants jusqu'à la fin de l'expérimentation. La scarification manuelle vient en troisième position en termes de capacité rapide de germination et de taux maximal de germination obtenu après le 11^{ème} jour de semis. Quant aux autres prétraitements, leurs courbes de réponse donnent des allures similaires, avec des pouvoirs germinatifs et des taux de germination ne dépassant pas $17,5\%$.

Relations entre les traitements et les paramètres de germination

Les données sur les paramètres de germination et les traitements ont été soumises à une Analyse en Composantes Principales (ACP). Le résultat montre que les deux premiers axes concentrent 93% de la variance totale. L'analyse des corrélations avec les axes montre que la scarification manuelle (scm) et H_2SO_4 à 60 et 120 mn sont caractérisés par un taux de germination élevé. Les traitements avec l'eau chaude (Ec), l'eau de robinet (Er), les Graines extraites des fèces

des caprins(GrFcap), les Graines témoins ramassées sous houppiers sur pieds mères du replat dunaire (TGrshRepdun), Graines extraites des fèces des ovins (GrFov), Graines témoins récoltées sur pieds mères dans les cuvettes (TGr Cuvette) sont caractérisées par une durée de germination élevée alors que les traitements GRC20°Cmn, GRC40°C2mn, GRC40°Cmn se distinguent par un délai de germination élevé. Les traitements TGrRepdun, TGrRversant et Grc20°C2mn restent indifférents à tous les paramètres de germination.

Le groupe de traitements observé dans le cadran du taux de germination est opposé à ceux du délai de la première germination. Les traitements qui ont un fort taux de germination (Scarification, trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 minutes et trempage dans l'acide sulfurique pendant 120 minutes)

ont des délais de germination très courts. Les traitements eau chaude, eau de robinet, Graines extraites des fèces des caprins, Graines extraites des fèces des ovins, graines récoltées sur pieds mères de la cuvette, graines récoltées sous houppiers sur pieds mères du replat dunaire présentent des durées de germination élevées. Les traitements graines chauffées à 40 °C pendant 2 minutes et graines chauffées à 40 °C pendant 4 minutes ont des délais de germination élevées. Les traitements graines chauffées à 20 °C pendant 2 minutes, graines chauffées à 20 °C pendant 4 minutes, graines récoltées sur pieds mères du replat dunaire, graines récoltées sur pieds mères du versant ont des paramètres intermédiaires entre les paramètres taux germination, durée de germination et délai de la première germination.

Tableau 1 : Variation de poids de 20 graines par prétraitement.

Codes	Traitements	Poids moyen de 20 graines (g)
Scm	Scarification manuelle	1,75 ± 0,50 a
GrFCap	Graines extraites des fèces des caprins	1,5 ± 0,58 ab
GrFOv	Graines extraites des fèces des ovins	1 ± 0,00 c
TGrCuvette	Graines récoltées sur pieds mères de la cuvette	1 ± 0,00 c
TGrRepdun	Graines récoltées sur pieds mères du replat dunaire	1,75 ± 0,50 a
TGrShRepdun	Graines ramassées sous houppiers sur pieds mères du replat dunaire	1,25 ± 0,50 b
TGrVersant	Graines récoltées sur pieds mères du versant	1,75 ± 0,51 a
P-Valeur		
0,05		

Seuil de significativité de la probabilité $\alpha=0,05$

Tableau 2 : Taux de germination (%) en fonction des traitements (Test de Mann–Whitney).

Traitements	Moyenne	Ecart-type	Médiane	CV (%)	Valeur de Z
Ec	37,5	20,21	37,50	53,89	1,76
Er	11,25	9,46	11,25	84,13	-0,50
Grc20°C2mn	8,75	2,50	8,75	28,57	-0,52
Grc20°C4mn	3,75	2,50	3,75	66,67	-2,04

Grc40°C2mn	2,5	5,00	2,50	200,00	-2,30
Grc40°C4mn	1,25	2,50	1,25	200,00	-2,70
GrFCap	13,75	6,29	13,75	45,76	0,33
GrFOv	17,5	15,00	17,50	85,71	0,10
H ₂ SO ₄ à 120 mn	95	7,07	95,00	7,44	3,17
H ₂ SO ₄ à 60 mn	83,75	6,29	83,75	7,51	2,59
Scm	76,3	27,50	76,30	36,07	2,71
TGrCuvette	8,75	2,50	8,75	28,57	-0,52
TGrRepdun	7,5	5,00	7,50	66,67	-1,07
TGrShRepdun	10	0,00	10,00	0,00	-0,12
TGrVersant	8,75	9,13	8,75	97,59	-0,90
P-Valeur	<0,001				

Légende : Scm : Scarification manuelle ; GrFCap : Graines extraites des fèces des caprins ; GrFOv : Graines extraites des fèces des ovins ; Ec : Eau chaud ; Er : Eau robinet ; Grc20°C2mn : Exposition à la chaleur des graines à 20 °C pendant 2 minutes ; Grc20°C4mn : Exposition à la chaleur des graines à 20 °C pendant 4 minutes ; Grc40°C2mn : Exposition à la chaleur des graines à 40 °C pendant 2 minutes ; Grc40°C4mn : Exposition à la chaleur des graines à 40 °C pendant 4 minutes ; H₂SO₄ à 120 mn : Trempage dans l'acide sulfurique pendant 120 minutes ; H₂SO₄ à 60 mn : Trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 minutes ; TGrCuvette : Graines récoltées sur pieds mères de la cuvette ; TGrRepdun : Graines récoltées sur pieds mères du replat dunaire ; TGrShRepdun : Graines ramassées sous houppiers sur pieds mères du replat dunaire ; TGrVersant : Graines récoltées sur pieds mères du versant ; CV : Coefficient de variation ; Seuil de significativité de la probabilité $\alpha=0,05$.

Tableau 3 : Délai de la première germination en fonction des traitements (Test de Mann–Whitney).

Traitements	Moyenne	Ecart-type	Médiane	CV (%)	Valeur de Z
Ec	2,25	0,5	2,25	22,22	-3,01
Er	9	6,98	9,00	77,51	-0,40
Grc20°C2mn	16,5	9,40	16,50	56,96	1,39
Grc20°C4mn	17,3	10,66	17,50	60,92	1,51
Grc40°C2mn	23,5	13	23,50	24,30	2,15
Grc40°C4mn	26,75	6,5	26,75	55,32	2,68
GrFCap	7	3,37	7,00	48,09	-0,13
GrFOv	12	12,52	12,00	104,31	0,33
H ₂ SO ₄ à 120 mn	3,25	0,5	3,25	15,38	-1,67
H ₂ SO ₄ à 60 mn	3,25	0,5	3,25	15,38	-1,67
Scm	5	4,08	5,00	81,65	-1,26
TGrCuvette	9,25	11,84	9,25	128,03	-0,59
TGrRepdun	15,5	9,40	15,50	60,64	1,11
TGrShRepdun	3,5	0,58	3,50	16,50	-1,27
TGrVersant	16,5	13,48	16,50	81,69	0,84
P-Valeur	<0,001				

Légende : Scm : Scarification manuelle ; GrFCap : Graines extraites des fèces des caprins ; GrFOv : Graines extraites des fèces des ovins ; Ec : Eau chaud ; Er : Eau robinet ; Grc20°C2mn : Exposition à la chaleur des graines à 20 °C pendant 2 minutes ; Grc20°C4mn : Exposition à la chaleur des graines à 20 °C pendant 4 minutes ; Grc40°C2mn : Exposition à la chaleur des graines à 40 °C pendant 2 minutes ; Grc40°C4mn : Exposition à la chaleur des graines à 40 °C pendant 4 minutes ; H₂SO₄ à 120 mn : Trempage dans l'acide sulfurique pendant 120 minutes ; H₂SO₄ à 60 mn : Trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 minutes ; TGrCuvette : Graines récoltées sur pieds mères de la cuvette ; TGrRepdun : Graines récoltées sur pieds mères du replat dunaire ; TGrShRepdun : Graines ramassées sous houppiers sur pieds mères du replat dunaire ; TGrVersant : Graines récoltées sur pieds mères du versant ; CV : Coefficient de variation ; Seuil de significativité de la probabilité $\alpha=0,05$.

Tableau 4 : Durée de la germination en fonction des traitements (Test de Mann–Whitney).

Traitements	Moyenne	Ecart-type	Médiane	CV (%)	Valeur de Z
Ec	14,57	4,02	5,00	32,66	2,82
Er	19	2	2,00	70,71	-0,04
Grc20°C2mn	17,5	5	1,50	38,49	-0,62
Grc20°C4mn	22,5	5	0,75	175,76	-1,91
Grc40°C2mn	27,5	5	0,50	63,74	-2,19
Grc40°C4mn	27,5	5	0,25	60,87	-2,65
GrFCap	16,25	7,50	2,00	57,74	0,15
GrFOv	21,67	5,77	3,25	120,42	0,89
H ₂ SO ₄ à 120 mn	3,17	0,25	3,00	0,00	1,84
H ₂ SO ₄ à 60 mn	2,99	0,65	2,50	23,09	1,07
Scm	4,60	1,81	3,75	59,13	1,64
TGrCuvette	20	0,00	1,75	28,57	-0,16
TGrRepdun	20	0,00	1,50	66,67	-0,70
TGrShRepdun	20	0,00	2,00	0,00	0,30
TGrVersant	22,5	5	1,75	150,16	-0,41
P-Valeur	0,004				

Légende : Scm : Scarification manuelle ; GrFCap : Graines extraites des fèces des caprins ; GrFOv : Graines extraites des fèces des ovins ; Ec : Eau chaud ; Er : Eau robinet ; Grc20°C2mn : Exposition à la chaleur des graines à 20 °C pendant 2 minutes ; Grc20°C4mn : Exposition à la chaleur des graines à 20 °C pendant 4 minutes ; Grc40°C2mn : Exposition à la chaleur des graines à 40 °C pendant 2 minutes ; Grc40°C4mn : Exposition à la chaleur des graines à 40 °C pendant 4 minutes ; H₂SO₄ à 120 mn : Trempage dans l'acide sulfurique pendant 120 minutes ; H₂SO₄ à 60 mn : Trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 minutes ; TGrCuvette : Graines récoltées sur pieds mères de la cuvette ; TGrRepdun : Graines récoltées sur pieds mères du replat dunaire ; TGrShRepdun : Graines ramassées sous houppiers sur pieds mères du replat dunaire ; TGrVersant : Graines récoltées sur pieds mères du versant ; CV : Coefficient de variation ; Seuil de significativité de la probabilité $\alpha=0,05$.

Tableau 5 : Corrélations des paramètres de germination avec les axes PC1 et PC2.

Paramètres de germination	PC1	PC2
Taux germination (%)	0,545*	-0,831*
Délai de la première germination (jour)	-0,599*	-0,295
Durée de la germination (jour)	0,587*	0,471*

* Corrélation significative

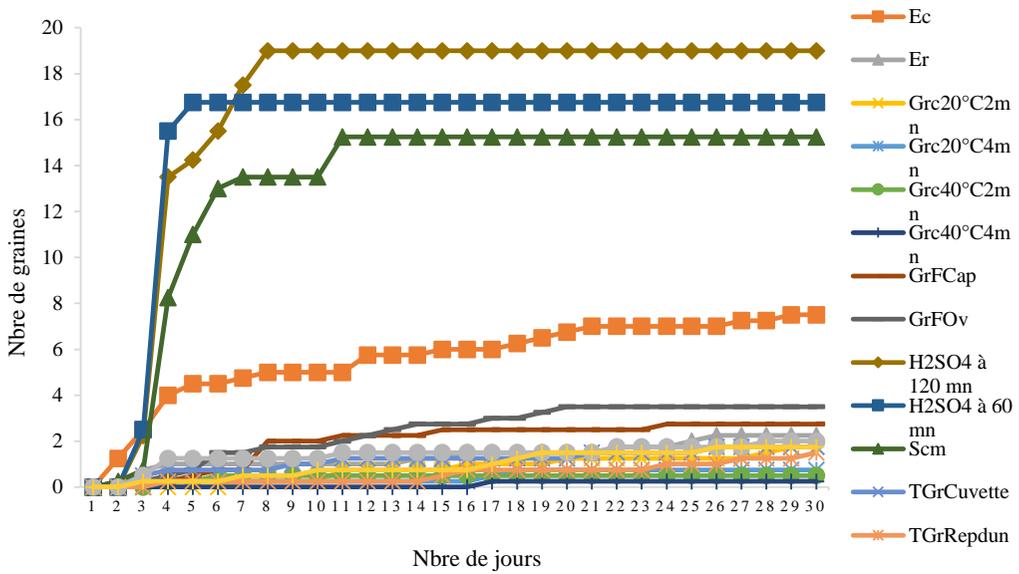


Figure 8 : Cinétique de germination des graines de *A. tortilis* sous l'effet des différents traitements.

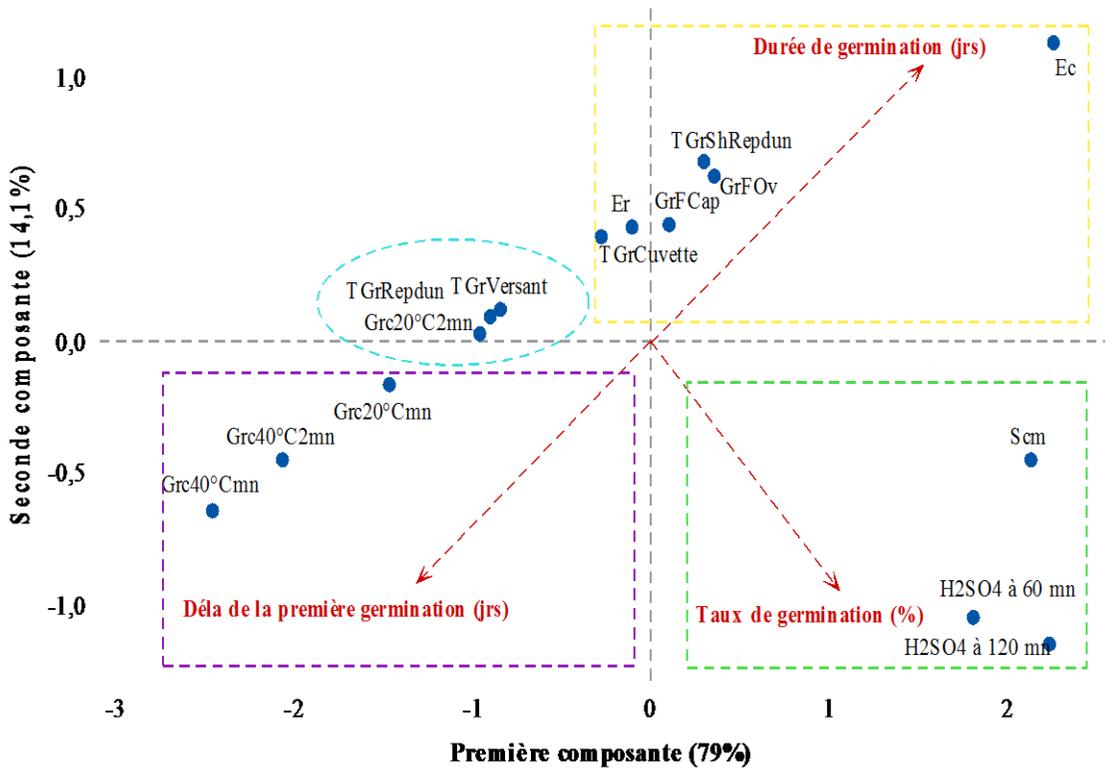


Figure 9 : Diagramme de scores de taux germination, durée de germination et délai de la première germination.

DISCUSSION

Les résultats du test de germination ont révélé que les taux de germination les plus élevés sont obtenus avec le trempage dans l'acide sulfurique pendant 120 minutes (95%) et 60 minutes (83,75%). L'acide sulfurique fragilise la surface tégumentaire en laissant une surface mate et piquetée, ce qui permet notamment une meilleure imbibition de la graine. Il amolli, perce et use le tégument de la graine de manière à le rendre perméable, sans pour autant endommager l'embryon et l'endosperme. Le trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 et 120 minutes permet de bien lever la dormance tégumentaire physique sans aucun risque en laissant l'eau pénétrée par le strophiole (zone moins renforcée du tégument de la graine). Au-delà de 120 minutes, l'embryon risque d'être endommagée par l'acide sulfurique. L'explication de ces résultats réside dans la forte hydratation des tissus de la graine, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire (Heller et al., 2000 ; Raven et al., 2003 et Meyer et al., 2004). Une fluctuation des taux de germination a été observée à partir du 4^{ème} jour due à une déstabilisation de la phase de germination stricto sensu (Phase 2 de Heller et al., 2000 ; Raven et al., 2003 et Meyer et al., 2004). Ce comportement des graines s'explique par la variation de la quantité d'eau apportée par l'arrosage. Au moment de la germination, l'eau pénètre dans la graine, dissout les substances solubles et les transforme en sucre soluble et en cellulose. La plantule se développe en se nourrissant aux dépens des substances dissoutes. Certains auteurs Heller et al. (2000) ; Raven et al. (2003) et Meyer et al. (2004) ont montré qu'au cours de la phase de germination stricto sensu, il y'a une stabilisation de l'hydratation et de la respiration à un niveau élevé. Selon ces auteurs, la phase de germination stricto sensu est relativement brève de 12 à 48 heures, et s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux. Durant cette phase, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité. Les faibles résultats sont obtenus avec les graines chauffées 20 °C

pendant 2 minutes, 20 °C pendant 4 minutes, 40 °C pendant 2 minutes et 40 °C pendant 4 minutes des taux de germination respectifs 8,75%, 3,75%, 2,5% et 1,25%. Le passage des graines par le tractus digestif des caprins et ovins n'a aucun effet sur la germination des graines extraites dans les fèces. Il n'y a pas une différence significative entre les taux de germination des graines extraites dans les fèces des animaux et ceux des graines témoins (sans traitement). Les résultats obtenus avec le traitement avec l'acide sulfurique sont similaires à ceux observés par Benbada (2013), Moulay (2012), Jaouadi et al. (2010). Ces résultats ne corroborent pas ceux des travaux de Kheloufi et al. (2017) qui ont montré que les trempages des graines de *A. nilotica* dans de l'acide sulfurique pendant 60 et 120 minutes donnent des taux de germination inférieurs à 50%.

La scarification manuelle avec du papier abrasif a donné des résultats satisfaisants proches de ceux observés par des nombreux auteurs (Tadros et al., 2011 ; Ammond et al., 2012 ; Fox et al., 2012). Le traitement chauffage par micro-onde n'a pas produit des bons résultats contrairement aux travaux de Hanan et al. (2016) et Sahin (2014) sur des semences qui ont obtenu des taux supérieurs (49,99% et 95%) avec le même traitement. Selon ces mêmes auteurs le chauffage par micro-onde donne les mêmes effets que le trempage dans l'eau chaude.

Les résultats obtenus dans le cadre du présent travail ont montré que les graines trempées dans de l'eau chaude ont un taux de germination plus élevé (37,5%) que celles trempées dans l'eau froide (11,25%). Ces résultats ne corroborent pas ceux de Jaouadi et al. (2010) sur *A. tortilis* avec des taux de germination de 16,33% et 16,67% respectivement pour les graines trempées dans l'eau bouillante et les graines témoins. Selon ces auteurs, le trempage des graines dans l'eau bouillante, quelle que soit sa durée ou sa température, n'est d'aucune efficacité pour lever l'inhibition tégumentaire. Le passage par le tractus digestif des caprins et ovins n'a aucun effet sur la germination des graines extraites des fèces des animaux. L'explication

de ces résultats réside dans le fait que la composition enzymatique des sucs gastriques sécrétés par les tubes digestifs des animaux n'est pas à mesure de scarifier les graines ingérées ou de dégrader leurs durs téguments. Les résultats ne corroborent pas ceux par de Claude et al. (2011) qui a obtenu une germination de 5 sur 9 espèces de graines ingérées par des Cercopithèques. Selon ces auteurs, le passage dans le tractus digestif des animaux améliore la germination des graines excrétées.

Les délais de germination, les plus courts sont observés également avec le trempage dans l'acide sulfurique pendant 60 et 120 minutes (3,3 jours) et les plus longs avec le chauffage à 20 °C pendant 2 minutes et 40 °C pendant 4 minutes avec respectivement 16,5 et 17 jours. Les graines des traitements trempage dans une solution d'acide sulfurique pendant 60 et 120 minutes et le traitement par scarification manuelle ont germé en moins de 10 jours avec les nombres de jours respectifs de 2,99 ; 3,17 et 4,60 jours. Ces résultats corroborent ceux de Moulay (2012) et Benbada (2013).

Quant à la germination des graines sans traitement (témoins) récoltées sur les pieds mères dans la cuvette, du versant, du replat dunaire et celles ramassées sous houppiers sur des pieds mères du replat dunaire, des faibles taux ont été obtenus, respectivement 10% ; 10% ; 7,5% et 11,25%. Ces résultats ne corroborent pas ceux de El Ayadi (2013) qui ont montré que le taux de germination des semences est lié à leur provenance.

Conclusion

Cette étude réalisée sur la germination a permis de montrer que le meilleur traitement pour la levée de la dormance des graines de *Acacia tortilis* en zone sahélienne est l'application de l'acide sulfurique. La scarification manuelle donne également des résultats satisfaisants en termes de taux, délai et de durée de germination. Cette dernière, est une technique simple et accessible aux paysans et les gestionnaires pour la multiplication de l'espèce. Le passage des

graines dans les tractus digestifs des animaux domestiques n'améliore pas le taux de germination des graines de *Acacia tortilis*. Le mode de prélèvement (Récolte sur pieds mères, ramassage sous houppiers des pieds mères) et le type d'unités géomorphologiques (replat dunaire, versant, cuvette) n'améliorent ni le taux, ni le délai et ni la durée de germination des graines de *Acacia tortilis*.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs n'ont pas déclaré de conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Le projet a été conçu par IB et IS. IB a mené le travail au laboratoire, a rassemblé les données et a rédigé le manuscrit. HR a apporté sa contribution dans l'analyse et l'interprétation des données. La supervision de la recherche a été faite par AM, responsable du projet.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Agence Panafricaine de la Grande Muraille Verte (APGMV) pour la bourse qu'elle nous accordée. Nous remercions également l'Université de Diffa pour les appuis multiformes qu'elle nous a toujours apportés. Nos remerciements vont également aux populations des villages et des services techniques pour leur accueil et leur disponibilité.

REFERENCES

- Ada ML, Mahamane A. 1999. Les ressources forestières naturelles et les plantations forestières au Niger. Rapport du Programme de partenariat CE-FAO, 51 p.
- Ammond SA, Litton CM, Ellsworth LM, Leary JK. 2012. Restoration of native plant communities in a Hawaiian dry lowland ecosystem dominated by the invasive grass *Megathyrsus maximus*. *Applied Vegetation Science*, **16** : 29–39. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1654-109x.2012.01208.x>

- Arbonnier M. 2000. *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. CIRAD - MNHN - UICN, Montpellier (France), 541 pages.
- Benbada S. 2013. Amélioration du taux de germination des graines d'*Acacia raddiana* pour lever leur inhibition tégumentaire. Mémoire de fin d'études, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 50p.
- Claude MH, Annette H. 2011. Observations sur le rôle des Primates dans la dissémination des végétaux de la forêt Gabonaise. *Biologia Gabonica.*, **1967**(3) : 43-58. DOI : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00561195>
- Danthu P, Roussel J, Neffati M. 2003. La graine et la germination d'*Acacia raddiana*, Paris, IRD, 265-283.
- Diouf M, Logbo J, Do F, Léonard-Elie Akpo LE. 2012. Variations topographiques de la fructification d'une espèce ligneuse fourragère, *Acacia tortilis* (Forsk.) au Ferlo, Nord-Sénégal, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(6) : 4094-4107. DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.19>
- El Ayadi F. 2013. Diversité des Ressources Génétiques des Acacia sahariens (*Acacia tortilis subsp raddiana*) du Maroc : Approche Cytogénétique, Morphométrique et Moléculaire. Thèse de doctorat, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences Agadir, 204p.
- El Ayadi F, Msanda F, Baniameur F, El Mousadik A. 2012. Morphological and Shape Pods variability of *Acacia tortilis* ssp. *raddiana* (Savi) brenan in south of Morocco. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, **6**(4): 151-167. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijpbg.2012.151.167>
- Fox CW, Wallin WG, Bush ML, Czesak ME, Messina FJ. 2012. Effects of seed beetles on the performance of desert legumes depend on host species, plant stage, and beetle density. *Journal of Arid Environments*, **80** : 10-16.
- DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.12.008>
- Fterich A, Mahdhi M, Lafuente A, Pajuelo E, Caviedes MA, Rodriguez-Lorente ID, Mars M. 2012. Taxonomic and symbiotic diversity of bacteria isolated from nodules of *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* in arid soils of Tunisia. *Can J Microbiol.*, **58**(6) : 738-51. DOI: <https://doi.org/10.1139/w2012-048>
- Hanan E, Hanan G, Nader A. 2016. Effect of Microwave on Seed Germination and Plant Growth in *Acacia Sp. Alexandria Science Exchange Journal*, **37**(3). DOI: 10.21608/asejaiqjsae.2016.2509
- Hannani A, Chehma A, 2012. Développement végétatif et longévité de l'*Acacia raddiana* au Sahara septentrional. *Revue des Bio Ressources.*, **2**(1): 50-57. <https://revues.univ-ouargla.dz/images/banners/ASTimages/Bioresourcesimages/BIOV2N1/B020106.pdf>
- Heller R, Esnault R, Lance C. 2000. *Physiologie Végétale et Développement*. Dunod: Paris ; 366p.
- Jaouadi W, Mechergui K, Ammari Y, Hamrouni LM, Hanana ML, Khouja. 2015. Etude ethnobotanique et ethnopharmacologique d'*Acacia tortilis* (Forssk) Hayne subsp. *raddiana* (Savi) de la steppe arborée du Nord de l'Afrique. *Phytothérapie*, **14** : 285-292. DOI : <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0951-1>.
- Jaouadi W, Hamrouni L, Souayeh N, Khouja ML. 2010. Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis subsp. raddiana* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **14**(4) : 643-652. DOI : http://dx.doi.org/10.15666/aer/1504_355368.
- Jaouadi W, Mechergui K, Gader G, Khouja M L. 2013. Etude des secteurs écologiques, du milieu physique et des caractéristiques de production de la steppe arborée à *Acacia tortilis* dans le Parc National de Bouhedma (Tunisie

- Méridionale). *Rev. Écol. (Terre Vie)*, **68** : 143-156. DOI : <http://hdl.handle.net/2042/55961>
- Le Floch E, Grouzis M. 2003. *Acacia raddiana, un Arbre des Zones Arides à Usages Multiples. Un Arbre au Désert Acacia raddiana*. Éd. IRD : Paris (France) ; 21-58.
- Meyer S, Reeb C, Bosdeveix R. 2004. *Botanique, Biologie et Physiologie Végétale*. Ed. Moline : Paris ; 61p.
- Moulay S. 2012. Essais des procédés d'amélioration des performances germinatives des graines de l'*Acacia raddiana*, Mémoire d'Ingénieur. Université Kasdi Merbah-Ouargla, 34p.
- Reven PH, Evert Rf, Eichhon SE. 2003. *Biologie Végétale* (1^{ère} édition). Ed De Boeck Université ; 565p.
- Kheloufi A, Mansouri LM. 2017. Effet de l'acide sulfurique sur la germination d'un arbre fourrager *Acacia nilotica* (L.) subsp tomentosa. *Livestock Research for Rural Development*, **29**. Article #27. DOI : <http://www.lrrd.org/lrrd29/2/khel29027.html>
- Saadou M. 1990. La végétation des milieux drainés nigériens à l'est du fleuve Niger. Thèse de doctorat ès sciences naturelles, Université de Niamey, Niger, 395 p.
- Sahin H. 2014. Effects of Microwaves on the Germination of Weed Seeds. *Journal of Biosystems Engineer Ing.*, **39**(4) : 304-309. DOI: <https://doi.org/10.5307/jbe.2014.39.4.304>
- Salif B. 2001. Caractérisation moléculaire de la diversité symbiotique des souches isolées d'*Acacia tortilis* subsp. raddiana. Thèse de doctorat, Université de Cheikh Anta Diop Dakar, 147p.
- Tadros M, Samarah N, Alqudah A. 2011. Effect of different pre-sowing seed treatments on the germination of leucaena leucocephala (Lam.) and acacia farnesiana (L.). *New Forests*, **42**(3): 397-407. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-011-9260-1>
- Traore S, Thiombiano L, Millogo JR, Guinko S. 2007. Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by *Acacia* spp. in eastern Burkina Faso: relation to soil respiration and microbial biomass. *Applied Soil Ecology*, **35**(3) : 660-669. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.09.004>
- Ward D, Musli I, Or K, Gbenro T, Skutelsky O. 2010. Bruchid seed infestation and development time in three host species of *Acacia* (Coleoptera, Bruchidae). *Zool. Middle East*, **51** : 95-103. DOI : <https://doi.org/10.1080/09397140.2010.10638446>.