

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie végétale et Environnement

THEME :

**Effets de quelques prétraitements sur la germination des
graines de *Juniperus phoenicea* L. (Cupressaceae)**

Présenté par :
Melle. MENGAA ABIR

Soutenu publiquement :
Le 22 /06/2025

Devant le jury :

Mr MENSOUS Mohamed
M^{elle} TRABELSI Hafida
M^{elle} HANNANI Amina

Président MCB
Encadrante Professeure
Examinatrice MCB

UKM Ouargla
UKM Ouargla
UKM Ouargla

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ALLAH, le Tout-Puissant et Miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail

Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à ma chère encadrante, Melle Trabelsi Hafida, pour son encadrement rigoureux, ses précieux conseils et sa générosité intellectuelle tout au long de ce parcours, ayant été pour moi un véritable soutien et une source d'inspiration. J'adresse également mes remerciements les plus chaleureux aux membres du jury, Mr. Mensous Mohamed et Mme Hannani Amina, pour leur lecture attentive et leurs remarques constructives qui ont grandement enrichi ce travail. Ma profonde gratitude va aussi à Mme la Conservatrice des forêts de la wilaya de Laghouat, pour son appui à l'équipe de terrain, contribuant efficacement à la réussite de la collecte des graines. Je remercie vivement l'équipe de terrain qui m'a accompagnée dans cette expérience, en commençant par Mr. Bouzid Abdelhakim pour son expertise et son dévouement, Mr. Rouari Abdelmalek pour ses efforts constants, Melle Kouadri Aroua pour sa collaboration active, Melle Ben Yaya Rokia pour son soutien sur le terrain, ainsi que Melle Islam Chergui pour sa contribution précieuse. Je remercie également Mme Faïza Mekak, directrice du laboratoire de l'environnement de la wilaya de Ouargla, pour les facilités qu'elle m'a offertes, ainsi que Mr Bouzgag Ismail, Responsable du laboratoire B.I.R.S, pour sa collaboration efficace. Mes remerciements vont aussi à mes camarades de la résidence universitaire pour leur soutien moral et leur gentillesse, ainsi qu'à ma chère famille, pilier de mon parcours, pour son amour inconditionnel et ses encouragements constants. Enfin, je remercie l'ensemble du personnel administratif, les agents de laboratoire, ainsi que tous les enseignants en écologie,

chacun en son nom, pour leurs contributions directes ou indirectes à la réussite de ce mémoire.

Dédicace

*À chaque être cher qui occupe une place précieuse dans mon cœur,
À ceux qui ont enrichi mon esprit de leur savoir, et transmis ce noble message :
« Les meilleurs parmi vous sont ceux qui apprennent et enseignent. »*

*Je dédie ce travail, avec tout mon amour et ma gratitude,
À ma mère bien-aimée, cette femme exceptionnelle, source infinie de tendresse,
À mon père, ce pilier fort et constant, soutien inébranlable malgré mes manquements,
À mon enseignante respectée, Melle Hafida Trabelsi, que je remercie du fond du cœur pour sa
bienveillance, sa patience et son accompagnement précieux. Je lui porte une estime profonde.*

À ma sœur Samah,

À mes frères Mabrouk, Houssam, Mouatasem, Abdelmoumen, et le benjamin de la famille

Abdelmoez,

*À mes chères amies : Dounia, Wissal, Soujoud, Sabrine et Anouar, qui ont partagé avec moi
les efforts et les espoirs de ce travail.*

*Je vous remercie pour votre amour, votre soutien et votre présence constante.
Que ce modeste travail soit le reflet de ma reconnaissance et de mon affection infinie.*

Table des matières

Introduction.....	1
Chapitre I	10
Matériel et méthodes.....	10
I-1-Objectif de l'étude	11
I-2 Caractéristiques éco-climatiques du site d'étude	11
I-3 Matériel végétal utilisé	12
I-4 Mode de collecte des galbules.....	12
I.5 Mesures biométriques :	13
I-6 Prétraitements appliqués :	13
1.6.1. Témoin (Graines non traitées)	14
1.3.2 Prétraitement chimique	14
1.6.7 Mise en germination des graines :	16
I.6.8 Paramètres étudiés	16
I.6.8.1 Cinétique de germination.....	16
I.6.8.2 Taux final de germination.....	17
I.6.8.3 Temps moyen de germination :	17
I.7 Analyse statistique :.....	17
Chapitre III : Résultats et discussion	18
III.1 Caractérisation biométrique des galbules et des graines.....	19
III.1.1 Biométrie des galbules :.....	19
III.1.2 Biométrie des graines.....	20
III. 2. Résultats de germination des graines	21
III.2.1. Cinétique de germination	21
Pour étudier l'effet des prétraitements sur la cinétique de germination, nous avons comparé les résultats obtenus par le témoin (figure 07).	21
Courbes à taux quotidien de germination élevé (prétraitements à haute efficacité) :	22

Courbe à taux de germination quotidien modéré (Prétraitement modéré) :.....	22
Courbes à faible ou absence totale de taux quotidien de germination (Prétraitements peu ou non efficaces) :.....	22
III.2.2 Taux final de germination :.....	23
III.2.3 Temps moyen de germination.....	25
III.2.4 Discussion des résultats obtenus :.....	26
Conclusion	31
Références bibliographiques :.....	34

Liste des figures :

Figure 1: Localisation géographique de Djebel El Azreg.....	11
Figure 2:Galbules et graines utilisée dans l'expérience (originale), (a) Juniperus phoenicea en fructification, (b) galbules mûres, (c)feuilles et galbules	12
Figure 3 :Matériel végétal utilisé dans l'expérience	13
Figure 4:Prétraitement par l'acide sulfurique	14
Figure 5: Scarification mécanique avec du papier en verre	15
Figure 6: Evolution du pourcentage de germination quotidien des graines.....	21
Figure 7: Evolution du TMG (Temps moyen de germination) des graines de Juniperus phoenicea L.	23
Figure 8 : Temps moyen de germination des graines de Juniperus phoenice.....	25

Introduction

Introduction

Les écosystèmes steppiques arides occupent 2/3 du territoire national. La préservation de ces milieux fragiles de parts les conditions climatiques et la forte pression anthropique qui les caractérisent, passe par l'amélioration des connaissances et la conservation de la diversité biologique qu'ils abritent.

Le genre *Juniperus* L., appartenant à la tribu des *Junipereae* (Koch) au sein de la sous-famille des *Cupressoideae*, est l'un des genres les plus diversifiés de la famille des *Cupressaceae*, avec environ 75 espèces recensées à travers l'hémisphère Nord notamment dans les zones montagneuses, arides et semi-arides (Debazac, 1991 ; Bewley et al., 2013 ; Adams, 2014). Il se distingue par une répartition géographique très étendue, couvrant l'Europe, l'Asie et l'Amérique du Nord, avec certaines espèces qui franchissent exceptionnellement l'équateur en Afrique (Mao et al., 2010 ; Farjon & Filer, 2013).

Les espèces de ce genre sont adaptées à des conditions écologiques difficiles, se développant dans des habitats montagneux, rocaillieux et arides. Elles constituent un élément fondamental de la végétation méditerranéenne et jouent un rôle écologique essentiel en tant qu'espèces pionnières, mais malheureusement, les formations forestières de ces genévriers sont menacées de disparition en raison de faible régénération naturelle (Young 1992).

En Algérie, le genre *Juniperus* est bien représenté avec cinq espèces identifiées. Parmi elles, deux sont très rares (*J. thurifera* L. et *J. sabina* L.), un est considéré comme rare (*J. communis* L.) et deux autres, *J. oxycedrus* L. et *J. phoenicea* L., connaissent un état de dégradation avancé, étant localisées principalement dans les zones semi-arides et arides du pays (Maire, 1952 ; Quézel & Santa, 1962).

Il convient également de mentionner qu'un hybride naturel potentiel entre *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* a été signalé par les populations locales des hauts plateaux du centre de l'Algérie. Ce taxon est désigné sous le nom vernaculaire « cherkiya », signifiant « hybride » en arabe local, et se caractérise par la présence simultanée de deux types de feuillage (aiguilles et écailles) sur une même branche chez les individus adultes.

Le Genévrier rouge (*J. phoenicea* L.) est un arbrisseau touffu ou un arbuste de 1 à 3 m de hauteur. Au jeune âge, certaines feuilles sont en aiguilles et d'autres en écailles très petites, très imbriquées, opposées, formant le feuillage vert persistant de l'arbre après les premières années. Le fruit globuleux devient rouge et luisant à maturité.

Juniperus phoenicea est distribué dans toute la région méditerranéenne où il pousse dans les endroits rocaillieux : Algérie, Tunisie, Maroc, Libye, France, Italie, Espagne, Turquie, Grèce, Albanie, Égypte (Sinaï), Chypre, et au Liban. Il pousse également en Roumanie, Portugal, Allemagne, Andorre, Bulgarie, Bosnie-Herzégovine, Croatie, Jordanie, Arabie Saoudite (le long de la mer Rouge), et au Macaronésie.

La régénération naturelle du genévrier par graines reste limitée, en raison de la dormance qui empêche ou retarde la germination, même en présence de conditions environnementales favorables. Cette dormance est généralement due à l'imperméabilité du tégument des graines, qui entrave l'entrée de l'eau et des gaz, ainsi qu'à des facteurs physiologiques liés à la maturité de l'embryon (Khawaga et al., 2021).

Plusieurs études ont démontré l'efficacité des prétraitements chimiques, physiques et thermiques pour lever cette dormance, tels que l'utilisation d'acides (HCl et H₂SO₄) (Aafi, A., Benchaib, K., Achhal El Kadmiri, A., & Lebrun, J.P. (2003), du eau oxygénée (H₂O₂) (Turner, 2024), du scarifiage mécanique (Selmati et al., 2022), du trempage dans l'eau chaude et de la stratification froide (Kandemir et Çelik, 2020 ; Khawaga et al., 2021).

Sur cette base, la présente étude vise à évaluer l'effet de quelques prétraitements physiques, chimiques et thermiques sur la germination des graines de *Juniperus phoenicea* collectées de la région de Laghouat, afin d'identifier les méthodes les plus efficaces pour lever la dormance et essayer de favoriser la régénération de cette espèce végétale locale d'usages multiples (médicales et écologiques ...etc.).

Chapitre I

Matériel et méthodes

Chapitre I : Matériel et méthodes

I-1-Objectif de l'étude

Cette étude vise à déterminer un traitement optimal pour lever la dormance des graines de *Juniperus phoenicea* et favoriser leur germination. Pour cela différentes méthodes ont été évalués, notamment la stratification à froid et à chaud, ainsi que des traitements chimiques, mécaniques. L'objectif est d'améliorer les taux de germination afin de contribuer aux programmes de reboisement et de restauration des écosystèmes dégradés dans les zones semi-arides.

I-2 Caractéristiques éco-climatiques du site d'étude

Djebel El Azreg, situé au nord de la wilaya de Laghouat, au sein de la chaîne de l'Atlas saharien (Boumediene et al., 2020). Ce site se caractérise par un relief montagneux (Figure 1), avec une altitude comprise entre 1491 et 1529 mètres au-dessus du niveau de la mer, alors que l'altitude moyenne des régions avoisinantes est d'environ 750 mètres, conférant ainsi à la région des conditions écologiques particulières (Benkhatar et al., 2021).



Figure 1: localisation géographique de Djebel EL Azreg (google earth)

Le climat est de type semi-aride, avec un été chaud (Température variante entre 28 et 40 °C) et un hiver relativement froid, où les températures diurnes oscillent entre 8 et 18 °C, avec une baisse marquée durant la nuit (Boumediene et al., 2020).

Le sol est calcaire, rocheux et montagnard, caractérisé par une faible fertilité et une perméabilité élevée. Il est constitué d'un mélange de sable et d'argile, avec une proportion importante de graviers. Dans certaines zones basses, on observe des sols argilo-calcaires à faible teneur en matière organique, traduisant l'effet de l'érosion et du ruissellement, ce qui limite le développement du couvert végétal naturel et influence négativement les processus de germination des graines (Bouziid et al., 2019 ; Benkhatar et al., 2021).

I-3 Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé dans notre étude consiste en des graines de genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) (Figure 1).



Figure 2: galbules et graines utilisée dans l'expérience (originale), (a) *Juniperus phoenicea* en fructification, (b) galbules mûres, (c)feuilles et galbules

I-4 Mode de collecte des galbules

Les galbules (fruits) mûrs de genévrier phoenicien (*Juniperus phoenicea*) ont été collectés durant la saison de maturité en mois de décembre 2024 (Figure 03), à partir

de pieds adultes (environ 30 pieds) poussant naturellement tout au long dans le site étudié. Les galbules ont été par la suite transportés au laboratoire, débarrassés de leur enveloppe charnue afin d'en extraire les graines laissées à sécher à température ambiante.

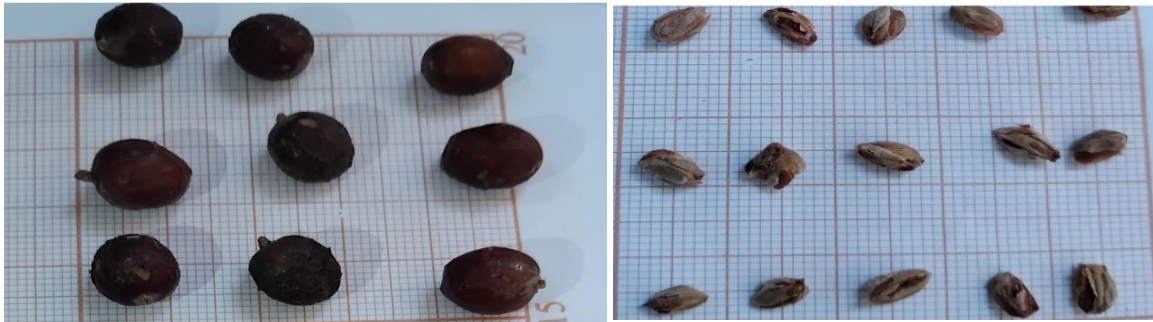


Figure 3 : matériel végétal utilisé dans l'expérience

I.5 Mesures biométriques :

Les mesures biométriques ont concerné à la fois les galbules (50 galbules par trois répétitions) par mesure de leur hauteur et de leur largeur à l'aide d'un pied à coulisse électronique de précision (0,01mm), ainsi de leur poids à l'aide d'une balance de précision (0,001g). Les mêmes mesures ont été réalisées sur les graines (100 graines par trois répétitions) extraites des galbules pour cette espèce.

I-6 Prétraitements appliqués :

Après l'extraction des graines de l'intérieur de chaque galbule, Les principaux tests effectués sont les suivants :

Notre étude a évalué différentes méthodes de prétraitement des graines de *Juniperus phoenicea* pour lever la dormance et améliorer leur germination, au total 13 prétraitements ont été appliqués :

1.6.1. Témoin (Graines non traitées)

Dans ce prétraitement, 100 graines ne subissent aucun prétraitement jouent la fonction du témoin.

1.6.2 Prétraitement chimique

1.6.2.1 Prétraitement à l'acide sulfurique (H_2SO_4 , 97%)

- **Prétraitement 1** : immersion des graines dans H_2SO_4 pur pendant 5 minutes ;
- **Prétraitement 2** : immersion des graines dans H_2SO_4 pur pendant 15 minutes ;
- **Prétraitement 3** : immersion des graines dans H_2SO_4 pur 97% pendant 30 minutes.



Figure 4:Prétraitement par l'acide sulfurique

1.6.2.2 Prétraitement à l'acide chlorhydrique (HCl 37%) :

Dans ce Prétraitement, nous avons immergé 100 graines de cette espèce étudiée dans l'acide chlorhydrique concentré (37%) pendant 30 minutes, puis nous les avons rincées à plusieurs reprises avec de l'eau distillée afin d'éliminer toute trace d'acide.

1.6.2.3 Prétraitement au l'eau oxygénée(H₂O₂)

- **Prétraitement 1**:100 graines ont été trempées dans du l'eau oxygénée pendant 1 minute ;
- **Traitement 2** :100 autres graines ont été trempées dans du l'eau oxygénée pendant 5 minutes.

1.6.3 Prétraitement mécanique (Scarification)

Pour ce Prétraitement, nous avons frotté les graines dans deux couches de papier en verre pendant 30 minutes (Figure 05).

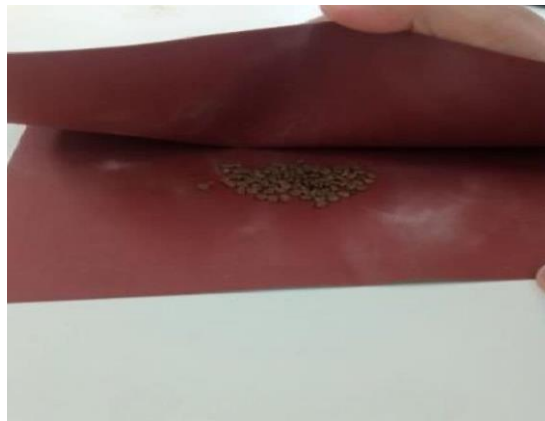


Figure 5: scarification mécanique avec du papier en verre

1.6.4 Prétraitement physique :

1.6.4.1 Trempage dans de l'eau chaude

- Prétraitement 1:100 graines ont été immergées dans de l'eau chaude (environ 80-90°C) pendant 1 minute ;
- Prétraitement 2 :100 graines ont été immergées dans de l'eau chaude pendant 5 minutes ;
- Traitement 3 :100 graines ont été immergées dans de l'eau chaude pendant 15 minutes.

1.6.4.2 Stratification au froid (4°C) :

- Prétraitement 1: 100 graines ont été conservées pendant 15 jours ;
- Prétraitement 2 : 100 graines ont été conservées pendant 30 jours ;
- Prétraitement 3 : 100 graines ont été conservées pendant 45 jours.

1.6.5 Mise en germination des graines :

Les tests de germination ont été réalisés avec 04 répétitions de 25 graines chacune, réparties dans des boîtes de pétri. Les graines mises à germer ont été placées dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre, contenant deux couches de papier filtre humidifiées avec 4ml d'eau distillée. Les boîtes ont été ensuite placées dans un phytotron, dans des conditions contrôles : à températures constante de 25°C, et à l'obscurité totale, (Laboratoire de l'environnement de la wilaya de Ouargla).

La durée de l'expérience prise pour la germination des graines est de 40 jours, pendant laquelle nous avons compté chaque deux jours le nombre de graines germées. Une graine était considérée comme germée dès que la radicule devient visible (COME, 1968). A chaque date de suivi, les papiers filtres ont été réhumidifiés si nécessaire.

1.6.6 Paramètres étudiés

Les paramètres considérés à l'issue de cette étude sont les suivants :

1.6.6.1 Cinétique de germination

La cinétique de germination désigne l'évolution du taux quotidien de germination des graines au cours du temps, en fonction des différents traitements appliqués : eau distillée, traitements mécaniques et chimiques.

I.6.6.2 Taux final de germination

Le taux final de germination est calculé en fonction du nombre total de graines mises en germination (NT) et du nombre de graines ayant effectivement germées (NI).

$$\text{TG} = (\text{NI} / \text{NT}) \times 100$$

I.6.6.3 Temps moyen de germination :

Le temps moyen de germination (TMG) constitue un indicateur de la rapidité de germination. Il est calculé en fonction du nombre de graines germées à chaque intervalle de temps, selon la formule :

$$\text{TMG} = \sum (n_i \times t_i) / \sum n_i$$

Où n_i représente le nombre de graines germées au temps t_i , et $\sum n_i$ le nombre total de graines ayant germé durant toute la période de suivi. Un TMG plus faible traduit une germination plus rapide, ce qui reflète une meilleure efficacité du traitement appliqué.

I.7 Analyse statistique :

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel R. Les paramètres évalués incluent la cinétique de germination, le taux final de germination et le temps moyen de germination. Pour comparer l'effet des différents prétraitements, une Anova à un facteur appliqué via GerminaR, suivie d'un test post-hoc de Tukey (HSD) pour identifier les différences significatives ($p < 0.05$). La normalité des résidus a été vérifiée automatiquement par le package. Les résultats sont présentés sous forme de moyennes et d'erreur standard, avec les lettres indiquant les groupes homogènes. Les graphiques ont été générés à l'aide du package GerminaR (version 2.1.5).

Chapitre III :

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Caractérisation biométrique des galbules et des graines

Les galbules sont généralement petites, de forme ovoïde, de couleur brun rougeâtre, avec une surface dure et lisse.

III.1.1 Biométrie des galbules :

Les mesures effectuées sur les galbules montrent les résultats mentionnés sur le tableau

(1) suivant :

Tableau 1 : Moyennes des mesures biométriques des galbules de *Juniperus phoenicea* (N=50)

Paramètre	Moyenne	Ecart type	Min-max
Longueur (mm)	10,28	0,91	9,38-12,42
Largeur (mm)	10,65	0,85	8,77-11,53
Masse (g)	0,69	0,10	0,059-0,098

La hauteur moyenne des galbules de *Juniperus phoenicea* est de $10,28 \pm 0,91$ mm, avec des valeurs oscillantes entre 9,38 et 12,42 mm. Cette hauteur est comparable à celle rapportée dans plusieurs régions littorales et de l'intérieur en Algérie, notamment par Selmati et Hakmi (2022) ($10,57 \pm 0,64$ mm) et Hafsi et al. (2017) ($10,92 \pm 2,16$ mm). Toutefois, une différence a été relevée par rapport aux localités strictement littorales selon Zine El Abidine et al. (2003) au Maroc.

La largeur moyenne des galbules est de $10,65 \pm 0,85$ mm, avec une variation comprise entre 8,77 et 11,53 mm. Cette valeur est relativement plus élevée que celle mentionnée par Selmati et Hakmi (2022) ainsi que Mazur et al. (2014) en région méditerranéenne européenne. Nos résultats sont similaires à ceux de Hafsi et al. (2017)

pour sept populations algériennes, qui ont enregistré une largeur moyenne de $10,97 \pm 2,01$ mm.

D'après Hafsi et al. (2017), les populations littorales de Taref présentent des galbules avec des hauteurs et largeurs nettement plus importantes que celles des régions de l'intérieur (Constantine et Sétif) et des zones semi-arides (Djelfa et M'sila).

Enfin, la masse moyenne des galbules est de $0,69 \pm 0,10$ g, avec des valeurs comprises entre 0,059 et 0,098 g. Cette dernière est comparable à celle rapportée par Selmati et Hakmi (2022), soit $0,62 \pm 0,11$ g, avec une plage de variation allant de 0,27 à 0,87 g.

Le nombre de graines par galbule chez le Phénicie varie entre 5 et 7 graines. Mazur et al. (2014) ont signalé ($7,77 \pm 2,02$) graines par galbule en Europe et Roques et al. (1984) mentionnent que le nombre de graines par galbule s'établit à 7,7 en moyenne et citent que : Guyot (1942) le fixe entre 5 et 9, alors que Gaussien (1968) signale une moyenne de 4 à 5 (variation de 3 à 12) et Lemoine-Sebastian (1968) fixe la moyenne à 7,0 graines par galbule dans différentes régions françaises.

III.1.2 Biométrie des graines

La mesure morphométrique des graines de genévrier phoenicien a révélé les résultats mentionnés dans le tableau (2) :

La longueur moyenne des graines du Phénicie est de $6,52 \pm 0,32$ mm, elle varie entre 3,34 et 6,96 mm et est comparable à celle rapportée par Mazur et al. (2014). La largeur des graines du Phénicie atteint $3,32 \pm 0,22$ mm et oscille entre 2,98 et 3,6 mm.

Tableau 2 : Moyennes des mesures biométriques des graines de *Juniperus phoenicea* (N=100)

Paramètre	Moyenne	Ecart type	Min-max
Longueur (mm)	6,52	0,32	6,96-6,31
Largeur (mm)	3,23	0,22	2,98-3,59
Masse (g)	0,03	0,01	0,02-0,05

Le poids de 100 graines de Phénicie est semblable à celui de plusieurs populations étudiées au Maroc par Zine El Abidine et *al.* (2003) et Selmati et Hakmi (2022).

III. 2. Résultats de germination des graines

III.2.1. Cinétique de germination

Pour étudier l'effet des prétraitements sur la cinétique de germination, nous avons comparé les résultats obtenus par le témoin (figure 07).

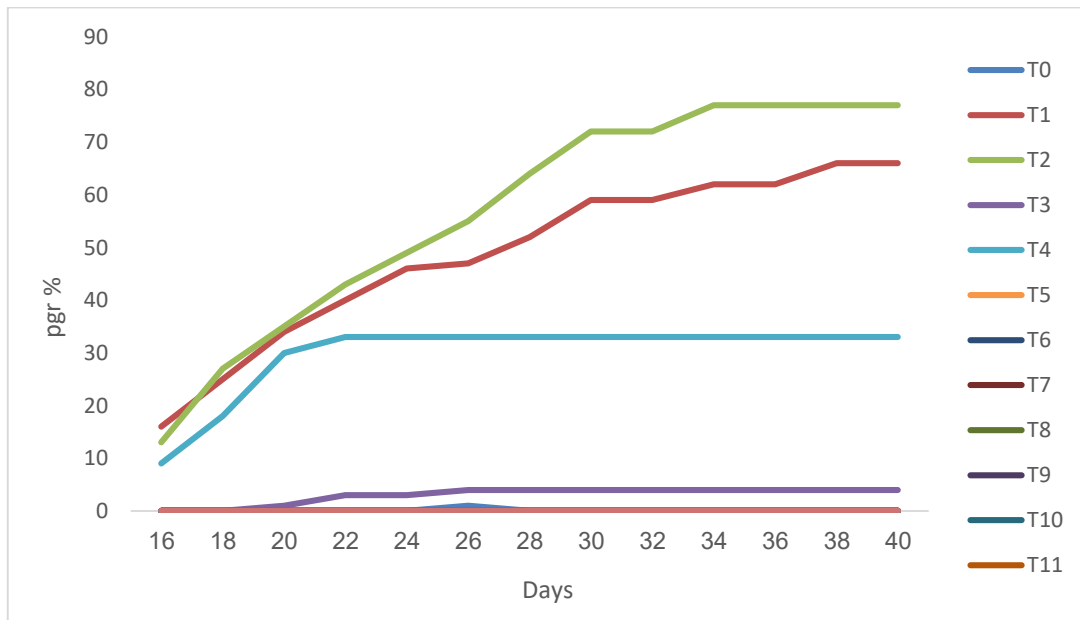


Figure 6: évolution du pourcentage de germination quotidien des graines.

La figure (07) représente l'évolution du taux de germination des graines de *Juniperus phoenicea* soumises à 13 traitements différents (T0 à T13) sur une période de 40 jours allant du 16^{ème} au 40^{ème} jour. L'analyse visuelle révèle des profils de germination différents et permet de classer les résultats en trois groupes principaux :

Courbes à taux quotidien de germination élevé (prétraitements à haute efficacité) :

Les prétraitements T1 (H₂O₂ 1min) et T2 (H₂O₂ 5min) montrent les meilleurs résultats. Pour T1 la germination débute précocement dès le 17^{ème} jour avec 77%, soit avec une progression rapide 80% vers le 30^{ème} jour avant stabilisation. Le prétraitement T2 présente une cinétique similaire mais légèrement moins efficace, culminant à environ 70% au même moment. Ces deux courbes suggèrent que l'eau oxygénée constitue un prétraitement particulièrement efficace pour lever la dormance des graines.

Courbe à taux de germination quotidien modéré (Prétraitement modéré) :

Le traitement mécanique par scarification mécanique avec du papier abrasif pendant 30 minutes (T4) induit une réponse intermédiaire. Une germination modérée (environ 40%) est observable dès le 18^{ème} jour, avec une stabilisation précoce vers le 22^{ème} jour. Ce profil indique que si la scarification permet effectivement d'amorcer le processus germinatif, son effet reste limité comparé aux traitements chimiques (H₂O₂) les plus efficaces.

Courbes à faible ou absence totale de taux quotidien de germination (Prétraitements peu ou non efficaces) :

Les autres prétraitements testés sont globalement inefficaces. Le témoin non traité (T0) montre une germination très faible (~0,5%), tandis que les prétraitements chimiques agressifs (HCl, H₂SO₄) et les chocs thermiques (eau chaude 100°C) n'induisent aucune

amélioration par rapport au témoin (germination 0%). De même, la stratification à froid (T11-T13) ne produit aucun effet notable sur la levée de dormance dans les conditions testées. Ces résultats suggèrent que les méthodes trop agressives ou inadaptées peuvent s'avérer contre-productives pour cette espèce.

III.2.2 Taux final de germination :

La figure 07 présente les effets de différents prétraitements (T0 à T13) sur le taux final de germination des graines. L'axe des ordonnées représente le pourcentage de

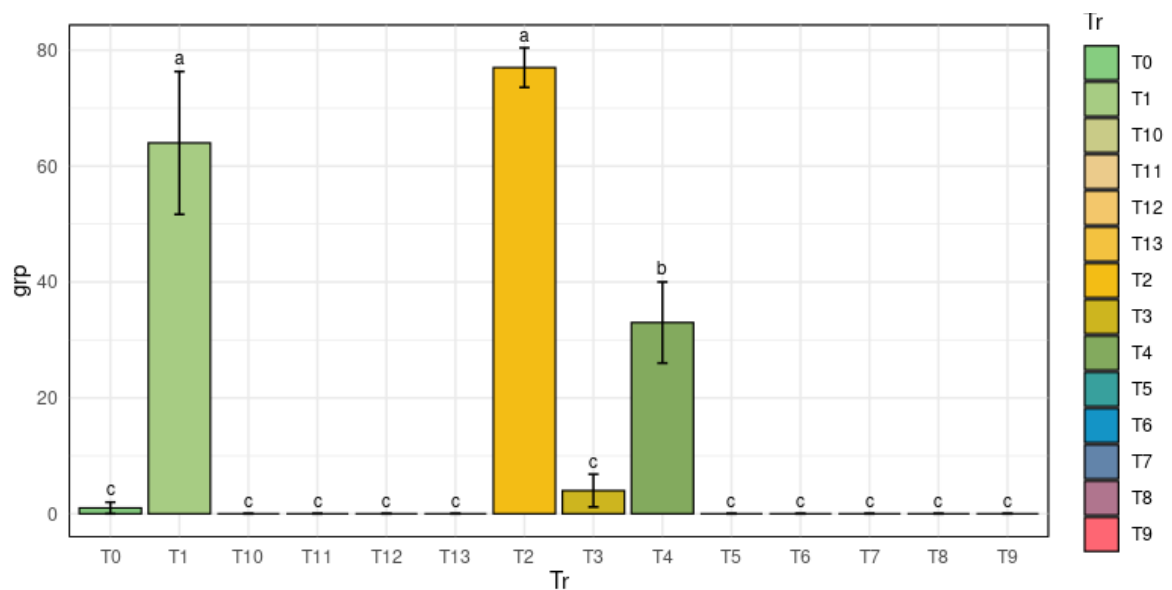


FIGURE 7: EVOLUTION DU TMG (TEMPS MOYEN DE GERMINATION) DES GRAINES DE *JUNIPERUS PHOENICEA* L.

germination (%), tandis que l'axe des abscisses indique les différents prétraitements appliqués.

Les résultats mettent en évidence des différences marquées dans la réponse germinative des graines selon les prétraitements appliqués. L'analyse statistique permet de distinguer trois niveaux d'efficacité significativement différents :

Les prétraitements T1 et T2, correspondant à une application d'eau oxygénée (H₂O₂), ont permis d'obtenir les taux de germination les plus élevés, avec environ 65 % et 75

% respectivement. Leur classement avec la même lettre (a) indique l'absence de différence significative entre eux, soulignant ainsi leur grande efficacité dans la levée de dormance.

Prétraitements hautement efficaces (groupe a)

Les prétraitements par l'eau oxygénée (T1 : H₂O₂ 1 min ; T2 : H₂O₂ 5 min) se révèlent les plus performants (75% et 65% respectivement). L'absence de différence significative entre ces deux modalités (même lettre a) suggère que la durée d'exposition (1 à 5 min) n'affecte pas profondément leur efficacité.

Ces résultats indiquent que l'eau oxygénée agit probablement en :

- Oxydant les inhibiteurs de germination présents dans les téguments
- Stimulant la production d'enzymes hydrolytiques
- Favorisant la perméabilisation des membranes cellulaires

Prétraitement modérément efficace (groupe b)

La scarification mécanique (T4, 40%) présente une efficacité intermédiaire significativement inférieure aux prétraitements à l'eau oxygénée ($p < 0.05$). Son action mécanique sur le tégument semble :

- Faciliter l'imbibition en créant des microfissures
- Moins complète que l'action chimique de l'eau oxygénée

Prétraitements inefficaces (groupe c)

Cette catégorie regroupe le témoin non traité (T0, 5%), le traitement à l'HCl (T3, 5%) et tous les autres prétraitements (de T5 à T13, <5%)

L'homogénéité statistique de ce groupe (lettre c) révèle que ces méthodes n'ont pas permis de lever significativement la dormance des graines par rapport au témoin.

Plusieurs hypothèses pourraient expliquer ces échecs :

- Nature trop agressive des acides concentrés (dégradation des embryons)
- Durées/températures inadaptées pour les traitements thermiques
- Période de stratification insuffisante à 4°C

III.2.3 Temps moyen de germination

Le Temps moyen de germination permet d'évaluer l'efficacité des traitements appliqués à travers le rapport entre le nombre cumulé de graines germées et la durée de l'expérience.

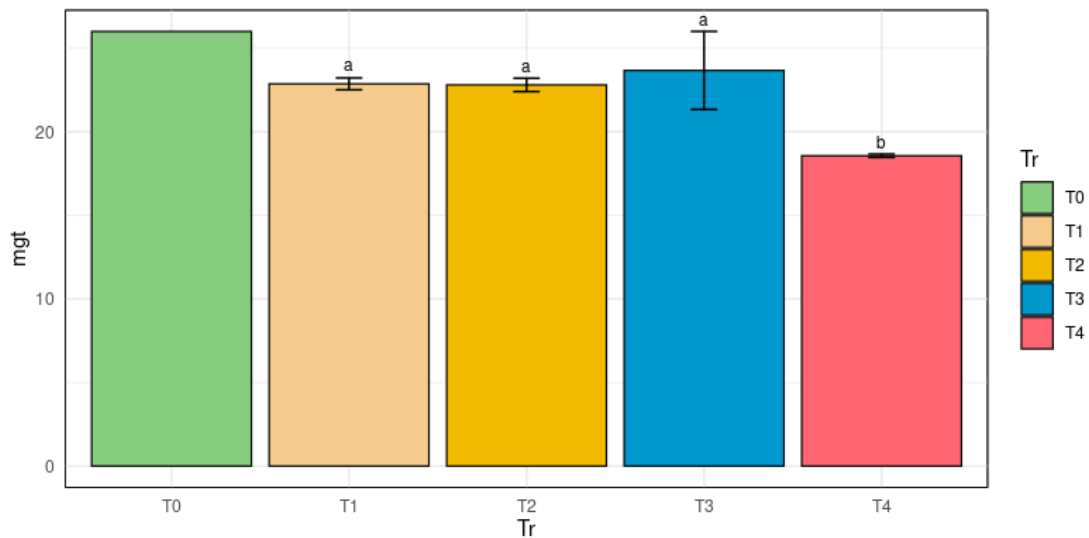


Figure 8 : temps moyen de germination des graines de *juniperus phoenice*

Les résultats ont montré que le traitement T2, correspondant au trempage des graines dans l'eau oxygénée (H_2O_2) pendant 5 minutes, a enregistré la vitesse de germination la plus élevée avec une valeur de 3,21J. Il est suivi du traitement T1 (H_2O_2 pendant 1 minute) avec une vitesse de 2,75 J, puis du traitement T4 (scarification avec

du papier abrasif) avec une vitesse de 1,38J. En revanche, le traitement T3 (acide chlorhydrique) n'a enregistré qu'une vitesse très faible de 0,17J, tandis que les autres traitements (T0 et T5 à T13) n'ont montré aucune germination, soit une vitesse nulle.

III.2.4 Discussion des résultats obtenus :

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent une variation significative dans la réponse des graines de *Juniperus phoenicea* aux différents traitements appliqués, mettant en évidence, probablement, la présence de divers types de dormance. Les traitements T1 et T2, basés sur l'utilisation de l'eau oxygénée (H_2O_2) pendant 1 et 5 minutes respectivement, se sont montrés les plus efficaces, atteignant des taux de germination de 80 % et 70 %, respectivement, avec un démarrage précoce observé dès le 17^eme jour et une stabilisation autour du 30^e jour. Cette efficacité remarquable est attribuée à l'effet oxydant modéré du H_2O_2 , qui augmente la perméabilité du tégument et active la levée de dormance physiologique (Bewley et al., 2013 ; Soltani et al., 2020). Ces observations sont en accord avec celles de Shiferaw et al. (2021) sur *J. procera* et de El Khorchani et al. (2019) sur *J. phoenicea* dans le nord du Maroc, soulignant que cette espèce manifeste une dormance principalement physiologique, sensible aux agents oxydants doux.

Ces résultats indiquent que l'eau oxygénée est l'un des agents les plus efficaces pour lever la dormance physiologique des graines de *Juniperus*, notamment lorsqu'elle est appliquée pendant une durée plus longue, comme c'est le cas pour T2. Des études telles que celles de Bewley et al. (2013) et Soltani et al. (2020) expliquent cet effet par la capacité du H_2O_2 à améliorer la perméabilité des téguments et à activer les enzymes responsables du déclenchement de la germination, accélérant ainsi le processus.

En seconde position, le traitement mécanique par scarification au papier abrasif (T4) a permis un taux de germination d'environ 40 %, ce qui indique la présence d'une composante de dormance physique, bien que secondaire. Ce prétraitement favorise la pénétration de l'eau et de l'oxygène en affaiblissant la barrière externe de la graine. Ce constat est cohérent avec les résultats de Zemni et al. (2020) sur *J. oxycedrus*, ainsi qu'avec les travaux de Bewley et al. (2013), qui soulignent l'importance des traitements physiques dans la levée de la dormance mécanique chez les espèces à tégument dur.

Le traitement mécanique a montré une efficacité modérée, ce qui suggère que la dormance est en partie de type physique. La scarification facilite l'absorption de l'eau et des gaz, comme confirmé par l'étude de Berghouti et al. (2022) réalisée sur *Juniperus phoenicea* dans le nord-est du Maroc, qui souligne l'importance de ce type de traitement en tant que simulation des conditions naturelles telles que l'érosion sableuse ou la digestion animale.

En revanche, les autres prétraitements se sont avérés inefficaces ou peu performants. Le traitement acide chlorhydrique T3 (HCl) a produit un taux de germination marginal (~5 %), en effet, ce prétraitement a montré une efficacité très limitée, probablement en raison d'une concentration ou d'un temps d'exposition inadapté, ou encore en raison d'éventuels effets toxiques sur l'embryon, comme suggéré par Mekkaoui et al. (2021).

Enfin, L'inefficacité des autres prétraitements, à savoir l'acide sulfurique (de T8 à T10), le trempage dans l'eau chaude (T5 à T7) et la stratification froide à 4°C (T11 à T13) suggère que les graines de *Juniperus* présentent une dormance complexe (physique et physiologique), difficile à lever sans intervention combinée, ce qui rejoint les observations de Baskin & Baskin (2014) concernant ce genre botanique.

Ces résultats peuvent être expliqués par une toxicité potentielle ou un protocole inadéquat en termes de concentration et de durée (Flematti et al., 2004 ; Mekkaoui et al., 2021). Le manque d'efficacité du stockage à froid suggère que les graines de *J. phoenicea* ne présentent pas une dormance morpho-physiologique, contrairement à certaines autres espèces du genre comme *J. communis*, qui nécessite une longue période de froid pour germer (Güleryüz et al., 2008), ou *J. thurifera*, qui réagit favorablement à la stratification froide (Nasri et al., 2023).

La comparaison avec d'autres espèces du genre *Juniperus* montre une diversité marquée dans les stratégies de dormance. Par exemple, *J. procera* répond efficacement au H₂O₂ (Abdallah et al., 2021), tandis que *J. polycarpos* nécessite des traitements hormonaux (GA₃) et une stratification froide pour optimiser la germination (Gheyi et al., 2020). Pour *J. oxycedrus*, des combinaisons de scarification et de traitement acide sont recommandées (Ben Abid et al., 2022). Ces différences témoignent de l'adaptation écologique et génétique spécifique à chaque espèce.

Les conditions géographiques et climatiques d'origine des graines jouent également un rôle déterminant dans leur comportement germinatif. Les graines utilisées dans cette étude proviennent du Djebel El Azreg, une région montagneuse de l'Atlas saharien caractérisée par un climat semi-aride et des hivers froids. Ce type d'environnement favorise le développement de mécanismes protecteurs chez les plantes, comme l'épaississement du tégument ou la synthèse d'inhibiteurs chimiques, ce qui peut expliquer la résistance observée à certaines méthodes de prétraitement. En comparaison, les graines de *J. phoenicea* récoltées dans des zones plus humides du nord du Maroc ont montré une meilleure réponse à des prétraitements simples (El Khorchani

et al., 2019), ce qui met en évidence l'importance de l'écotype et de l'habitat naturel dans la détermination du type de dormance.

Nous pouvons déduire que, *Juniperus phoenicea* originaire de milieux semi-arides et montagneux algériens manifeste, probablement, une dormance physiologique combinée à une composante physique modérée. Sa levée de dormance est optimisée par des agents oxydants doux tels que le H₂O₂ ou par des perturbations légères. Ces résultats confirment les principes exposés par Baskin & Baskin (2014), selon lesquels les méthodes de levée de dormance doivent être adaptées à la biologie de la graine et à son environnement d'origine afin de maximiser le succès de la germination et de la régénération naturelle.

Conclusion

Conclusion

Dans un contexte de dégradation environnementale et de recul du couvert végétal dans les zones arides et semi-arides, nous avons souhaité à travers cette étude contribuer à une meilleure compréhension du comportement germinatif des graines de *Juniperus phoenicea* soumises à différents prétraitements physiques, mécaniques et chimiques. Notre objectif était de lever la dormance et de stimuler la germination, dans le but de soutenir les efforts de reboisement et de préservation des espèces végétales locales à haute valeurs écologique, médicinale et économique.

Les résultats expérimentaux nous ont permis de suggérer que les graines de genévrier présentent une dormance physique, comme en témoigne l'absence totale de germination chez le témoin non traité. En revanche, le prétraitement à l'eau oxygénée (H_2O_2) s'est révélé particulièrement efficace. Le prétraitement T2 (trempage pendant 5 minutes) a enregistré le taux de germination le plus élevé (77 %) avec un taux moyen de germination de 3,21 jours, suivi par T1 (1 minute) avec 66 % et une vitesse de 2,75 jours. Le traitement mécanique par scarification (T4) a donné des résultats intermédiaires (33 % avec une vitesse de 1,38 jours). Les autres traitements (acide chlorhydrique, eau chaude, stockage à froid, etc.) ont montré une efficacité limitée voire nulle, ce qui confirme la complexité de la dormance chez cette espèce.

Nous considérons que cette étude constitue une première étape vers une meilleure compréhension de la dormance chez *Juniperus phoenicea*, et nous espérons qu'elle servira de base à des travaux futurs plus approfondis et élargis. A cet effet, les résultats obtenus nous ont permis de formuler plusieurs recommandations que nous considérons essentielles pour approfondir la recherche dans ce domaine :

- Expérimenter d'autres types de prétraitements, notamment ceux qui simulent les conditions naturelles comme les animaux (zoochorie) ;
- Tester des prétraitements combinés et éventuelle synergie entre méthodes physiques et chimiques, pour accroître l'efficacité de lever la dormance ;
- Il est recommandé d'effectuer des coupes anatomiques précises des graines à différentes étapes de la germination, afin de mieux comprendre les modifications structurales induites par les traitements et leur impact sur l'intégrité des tissus internes.
- Étendre l'étude à d'autres espèces ou provenances de *Juniperus* afin d'évaluer la reproductibilité des résultats dans divers contextes écologiques.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- Abdallah, R., Al-Robai, S. A., & Al-Farraj, M. M. (2020). *The impact of different seed dormancy release treatments on seed germination of Juniperus procera*. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(1), 295-301.
- Abdenbi Zine El Abidine, Sanounou TOURE, Youssef Ammari (2003). La germination des graines du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.) en relation avec sa diversité écotypique au Maroc en vue de sa valorisation dans les reboisements de conservation en Afrique du Nord.
- Adams, R. P. (2014a). *Junipers of the World: The genus Juniperus* (4^e éd.). Bloomington, indiana : Trafford Publishing.**
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. 2nd Edition. Academic Press.
- Ben Abdeddaim, M., Chenchouni, H., & Bouazza, M. (2021). *Effects of pre-sowing treatments and origin on seed germination of Juniperus phoenicea in northeastern Morocco*. Ecological Engineering, 164, 106221.
- Berghouti, N (2022). Étude de la germination des graines de *Juniperus phoenicea* traitées mécaniquement et chimiquement dans le nord-est du Maroc.
- Bewley, J.D. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer.
- Bewley, J.D., & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*.
- Debazac, E. F. (1991). *Les conifères : Organisation, évolution, répartition, utilisation*. Paris: Institut Français du Bois.
- FAO (2003), *La germination des graines de Juniperus phoenicea L*
- Farjon, A., & Filer, D. (2013). *An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of Their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status*. Leiden: Brill.
- Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). *Seed dormancy and the control of germination*. *New Phytologist*, 171(3), 501–523.

Harir Mohamed, *et al.* (2018). *An Ethnobotanical Survey of Medicinal Plants in El Mansourah (West of Bordj Bou Arréridj, Algeria)*. *Journal of Soil and Plant Biology*.

Khan, M.A. & Ungar, I.A. (1984). Seed germination responses of halophytes under salinity stress. *Botanical Review*.

Lozano-Isla, F., Benites-Alfaro, O. E., & Pompelli, M. F. (2019). GerminaR: An R package for germination analysis with the interactive web application "GerminaQuant for R." *Ecological Research*, 34(2), 339–346. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.1275>

Maire, R. (1952). *Flore de l'Afrique du Nord, Vol. II*. Alger : Éditions Paul Lechevalier.

Mao, K., Hao, G., Liu, J., Adams, R. P., & Milne, R. I. (2010). Diversification and biogeography of *Juniperus* (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytologist*, 188(1), 254–272. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03351.x>

Mekkaoui, A. (2021). Effets de traitements de dormance sur la germination de *Juniperus phoenicea* L. dans les conditions semi-arides du nord-est marocain.

Mohamed-Yasseen, Y., Barringer, S. A., Splittstoesser, W. E., & Costanza, S. (1994). *Seed coat dormancy in plant species*. *Scientific Horticulture*, 27(3-4), 269-275.

Nonogaki, H., Bassel, G. W., & Bewley, J. D. (2010). *Germination—still a mystery*. *Plant Science*, 179(6), 574–581.

Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Paris : Elsevier.

Quézel, P., & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (Tome I). Paris : Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Selmati R, Hakmi A. (2022). Essai de germination du genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et du genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) dans la région d'Aflou. (Mémoire de Master, Université Amar Thelidji- Laghouat). Faculté des sciences, département de sciences agronomique.

Selmati, R., Hakmi, A., & Kouidri, M. (2022). Essai de germination du genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et du genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*) dans la région d'Aflou. Mémoire de Master, Université Amar Telidji – Laghouat, Algérie.

Soltani, E. (2020). *Seed Germination Ecology*. CAB International.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*.

Turner, S. R. (2024). Exogenous control of dormancy and chemical regulation of germination in Texas wintergrass (*Nassella leucotricha*) seeds. *Crop Science*.

Annexes

Annexe 1: Taux final de germination

```

Df Sum Sq Mean Sq Fvalue Pr(>F)
Tr          13 35369 2720.7  42.96 <2e-16 ***
Residuals  42  2660   63.3
---
Signif. Codes :  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

Annexe 2 : Temps moyen de germination

Tr	mgt	std	r	ste	se	min	max	sig
T0	26		1		1.201	26	26	a
T1	22.866	0.709	4	0.355	0.601	22.143	23.636	a
T2	22.803	0.798	4	0.399	0.601	22	23.905	a
T3	23.667	3.3	2	2.333	0.849	21.333	26	a
T4	18.564	0.201	4	0.1	0.601	18.4	18.857	b

```

Df Sum Sq Mean Sq Fvalue Pr(>F)
Tr          4 74.35 18.586  12.88 0.000588 ***
Residuals 10 14.43  1.443
41 observations deleted due to missingness

```

Effets de quelques prétraitements sur la germination des graines de *Juniperus phoenicea* L. (Cupressaceae)

Résumé : *Juniperus phoenicea* est une espèce méditerranéenne menacée par la faible germination de ses graines due à la dormance (physique et chimiques). Cette étude vise à évaluer l'efficacité de 13 prétraitements (chimiques, mécaniques, physiques et froids) sur la levée de dormance. Les cônes mûrs ont été récoltés en décembre 2024 au Djebel El Azreg (Laghouat, Algérie). Les graines ont été incubées à 25 °C pendant 40 jours à l'obscurité. Les résultats montrent que l'eau oxygénée (H_2O_2) est le traitement le plus efficace (1 min) et (5min) ont permis d'atteindre 66 % et 77 % de germination respectivement. La scarification mécanique a donné 40 %, tandis que les autres traitements (HCl, H_2SO_4 , eau chaude, stratification) ont été inefficaces. Ces résultats indiquent que les graines présentent une dormance probablement physiologique, et levée efficacement par des agents oxydants doux. Adapter les meilleurs prétraitements à l'origine écologique des graines est essentiel pour améliorer la germination et restaurer les espèces locales menacées.

Mots clés : Juniperus, Graines, Dormance, prétraitement, germination.

تأثير بعض المعالجات المسبقة على إنبات بذور العرعر الفينيقي (*Juniperus phoenicea* L.) الفصيلة السروية - (Cupressaceae)

ملخص يعتبر العرعر الفينيقي نوع متوسطي مهدد بالانقراض بسبب ضعف إنبات بذوره الناتج عن السكون (الكمون). تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية 13 معالجة أولية (كيميائية، ميكانيكية، فيزيائية) في كسر السكون. تم جمع الأكواز الناضجة في ديسمبر 2024 من جبل الأزرق (الأغواط، الجزائر). تم تحضين البذور على درجة حرارة 25 م ° لمدة 40 يومًا في الظلام. أظهرت النتائج أن بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) هو المعاملة الأكثر فعالية، حيث سمحت المعالجتان (لمدة دقيقة و5 دقائق) بتحقيق نسب إنبات بلغت 66% و77% على التوالي. أعطت المعاملة بالخدش الميكانيكي نسبة إنبات 40%، في حين كانت المعالجات الأخرى (حمض الهيدروكلوريك، حمض الكبريتيك، الماء الساخن، والمعاملة الباردة) غير فعالة. تشير هذه النتائج إلى أن البذور تعاني من سكون فسيولوجي على الأرجح، ويمكن رفعه بفعالية بواسطة عوامل مؤكسدة خفيفة. يُعد تكييف أفضل المعالجات مع الأصل البيئي للبذور أمرًا أساسيًا لتحسين الإنبات واستعادة الأنواع المحلية المهددة.

الكلمات الدالة : العرعر، السكون، البذور، انتشار، معالجات مسبقة .

Effects of Some Pretreatments on the Germination of *Juniperus phoenicea* L. (Cupressaceae) Seeds

Abstract:

Juniperus phoenicea is a Mediterranean species endangered by the low germination of its seeds due to dormancy. This study aims to evaluate the effectiveness of 13 pre-treatments (chemical, mechanical, physical, and cold) on dormancy breaking. Mature cones were collected in December 2024 from Djebel El Azreg (Laghouat, Algeria). Seeds were incubated at 25 °C in darkness for 40 days. Results show that hydrogen peroxide (H_2O_2) was the most effective treatment, with 1-minute and 5-minute applications reaching 66% and 77% germination, respectively. Mechanical scarification achieved 40%, while other treatments (HCl, H_2SO_4 , hot water, stratification) were ineffective. These results suggest that the seeds exhibit physiological dormancy, which can be effectively broken by mild oxidizing agents. Adapting the best pre-treatments to the ecological origin of seeds is essential for improving germination and restoring endangered local species.

Keywords: *Juniperus*, Seed, dormancy, pretreatment, germination.