



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم العلوم الفلاحية و البيطرة

Département des sciences agro-vétérinaires

Thèse

En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en science

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Sciences agronomiques

Thème :

**Etude de l'impact des facteurs intrinsèques et extrinsèques
sur la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea* L., 1753,
dans le semi-aride (Djelfa ; Algérie)**

Présenté par M^{me}. BENABDERRAHMANE Ahlame

Soutenue le : 27/01/2026

Devant l'honorable jury composé de :

Président :	Mme. Mekjous Scherazed	Professeur	Université Djelfa
Examineurs :	Mme. Guerzou Ahlam	Professeur	Université Djelfa
	Mme. Derouèche Houda	M.C.A	Université Djelfa
	M. Chakali Gahdab	Professeur	ENSA
	M. Doghbage Abdelghafour	M.R.A.	C.R.A.P.A.S.T.-Djelfa
Directeur de Thèse :	Mme. BELHADJ Safia	Professeur	Université Djelfa

Année universitaire : 2025 – 2026

Remerciements

Avant tout, je remercie « ALLAH », tout puissant, de m'avoir donné la volonté, le courage et la patience de mener à terme ce présent travail.

*Je tiens à exprimer ma très profonde gratitude à M^{me} **BELHADJ Safia**, Professeur à l'université Ziane Achour de Djelfa, qui m'a fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse, ses directives, sa compétence et ses critiques ont été pour moi un solide appui et un réconfort dans les moments difficiles.*

*C'est un agréable devoir d'exprimer ma plus sincère reconnaissance à M^{me} **Mekious Scherazed**, Professeur à l'université Ziane Achour de Djelfa et je suis très sensible à l'honneur qu'elle me fait en siégeant à ce jury.*

*Ma reconnaissance va à M^{me} **GUERZOU Ahlam**, Professeur à l'université Ziane Achour de Djelfa, d'avoir bien voulu faire partie de cet honorable jury, qu'elle trouve ici l'expression de ma reconnaissance.*

*Ma reconnaissance va également à M^{me} **DEROUACHE Houda**, Maitre de conférences A à l'université Ziane Achour de Djelfa, qui a bien voulu accepter de juger ce travail, Qu'elle trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude envers Mr. **CHAKALI Gahdab**, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, pour avoir accepté de faire partie de ce prestigieux jury. Sa présence pour moi est un gage d'estime et de confiance.*

*Mes sincères remerciements vont à Monsieur Mr. **DOGHBAGE Abdelghafour**, Maitre de recherche au Centre de Recherche en Agropastoralisme (CRAPast) Djelfa, qui a bien voulu accepter d'en être les examinateurs.*

*Je tiens à remercier tout particulièrement: Mr **DAOUDI B** (CRAPast)., Mr. **REBHI A.**, Mr. **LAHRACHE M** (Université Ziane Achour-Djelfa)., Mr. **DENIDENA M** et Mr. **LARBI A** (conservation des forêts Djelfa) pour leurs aides et encouragements tout au long de la période de travail.*

Je ne saurais terminer sans exprimer mes remerciements à mes amis (es) et collègues de l'université Ziane Achour de Djelfa.

Ce travail très long et pas toujours facile n'aurait jamais pu aboutir sans l'affection et la confiance de mes proches, notamment mon époux, mes parents, mon oncle Ali et mon frère.

Dédicaces

A mes parents et mes enfants

دراسة تأثير العوامل الداخلية والخارجية على التجدد الطبيعي للعرعر الفينيقي *Juniperus phoenicea* L., 1753 في المناطق الشبه قاحلة .الجلفة .الجزائر

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد العوامل الرئيسية المؤثرة على التجدد الطبيعي لشجرة العرعر الفينيقي في المنطقة شبه الجافة الواقع في منطقة الجلفة وسط الأطلس الصحراوي). الجزائر. تم أخذ 100 عينة دائرية بمساحة 400 م² لكل منها، ضمن عشر محطات كبيرة ومتجانسة باستخدام طريقة أخذ العينات المختلطة (العينة الطبقيّة والعينة المنهجية). في كل عينة تم قياس متغيرات القياس الغابي التالية (الارتفاع الكلي، الارتفاع السائد، الكثافة، ومساحة التاج التراكمية)، ومن تم ربطها بخصائص الموقع (كالارتفاع والواجهة الجبلية و الإنحدار ، طبيعة التربة والطبغرافيا) هذا بالإضافة إلى سمات بنية الغطاء النباتي الغابي مثل الأنواع النباتية السائدة. أبرز تحليل البيانات أن تجمعات العرعر الفينيقي في الأطلس الصحراوي توجد في ثلاثة "أنواع بيئية" متباينة: تجمعات متوسعة، تجمعات مكثفية ذاتياً، وتجمعات متراجعة. وهكذا، أظهرت تحليل البيانات الديموغرافية باستخدام جداول الحياة للعرعر أن التجديد الطبيعي يمكن أن يبقى جيداً إلى أجل. كما للعرعر أن ينمو في الضوء الكامل وفي الظل، والتسهيل من طرف الأشجار الحاضنة ليس الآلية الرئيسية لتجديده. تستخدم تجمعات العرعر المنحدرات السفلية والجانب الطليل من الجبل كملاذات مناخية حيث تستفيد من إمدادات المياه. وأيضاً، أظهرت القياسات الغابية أن تجدد أشجار العرعر يتناقص مع اتساع سمات العشرة لا سيما الارتفاع السائد، ومساحة إسقاط التاج. و يزداد بشكل متناسب مع متوسط الارتفاع الكلي ومساحة التاج السائد، وهذا ما يؤكد خاصية هذا النوع النباتي المحبة للضوء. تمت ملاحظة أقصى كثافة تجديدية للعرعر في المواقع التي تتراوح نسبة تغطية تاجها الشجري بين 16% و20% وبكثافة تتراوح بين 100 إلى 115 شجرة/هكتار. فيما يخص التأثيرات الإيكولوجية بما في ذلك ديناميكية وبنية مجموعات على تجدد العرعر الفينيقي التي تشير إليها الأنواع السائدة، تُظهر أن أفضل تجدد للعرعر الفينيقي يتوافق مع الصنوبر الحلبي وعشائر العرعر النقية. بفضل الانتشار المسهل بواسطة الحيوانات، يظهر نبات العرعر الفينيقي كنوع يتمتع بحركية زمانية ومكانية لتوطن في أراضي جديدة أكثر ملاءمة للتغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية: العرعر الفينيقي ؛ التجديد الطبيعي؛ الأطلس الصحراوي؛ شبه الجاف؛ الجلفة .

Etude de l'impact des facteurs intrinsèques et extrinsèques sur la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea* L., 1753, dans le semi-aride (Djelfa ; Algérie)

Résumé

La présente étude a pour objectif la mise en évidence des facteurs prépondérants influençant la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea* L. dans la zone semi-aride de la région de Djelfa située l'Atlas saharien central, situé dans (Algérie). À partir de dix grandes stations homogènes retenues, 100 placettes d'observation temporaires, au total, de 400 m² chacune ont été prospectées selon un échantillonnage mixte (stratifié et systématique). Sur chaque placette, des variables dendrométriques ont été mesurées (hauteur totale, hauteur dominante, densité et surface cumulée des houppiers), auxquelles ont été associées des caractéristiques d'ordre stationnel (altitude, exposition, pente, lithologie), et d'autres facteurs tributaires de la structure de la végétation (première et deuxième espèce dominante, recouvrement global, recouvrement par strate, éléments de la surface du sol).

L'analyse des données a mis en évidence, chez les populations de *J. phoenicea*, trois "types écologiques" contrastés ; Les populations en extension, les populations auto-suffisantes et les populations en déclin. Ainsi, l'Analyse des données démographiques par la table statique de survie a montré que le renouvellement naturel pouvait être maintenu et que la taille de la population reste à un certain moment à l'avenir. Le genévrier rouge peut se développer aussi bien en plein lumière qu'à l'ombre, et la facilitation n'est pas le mécanisme principal de sa régénération.

Les populations de genévrier rouge utilisent les bas versants et l'ubac du Djebel comme refuges climatiques dans lesquelles elles bénéficient d'un apport hydrique. La régénération est diminuée avec l'ampleur des attributs du peuplement, notamment la densité des peuplements, la hauteur dominante et la surface de projection des houppiers ; elle est augmentée proportionnellement avec la hauteur totale moyenne, la surface de projection des houppiers dominante qui réaffirme son caractère héliophile. La densité de régénération maximale de genévrier rouge a été observée chez les peuplements où la couverture de la canopée est modérée entre 16% et 20 % et une densité de semenciers comprise entre 100 à 115 arbres/ha. L'ambiance écologique, y compris la dynamique et la structuration indiquées par les espèces dominantes, montrent que la meilleure régénération du *Juniperus phoenicea* correspond aux groupements à *Pin d'alep* et à juniperaies pures. Grâce à l'endozoochorie, le *Juniperus phoenicea* apparaît comme une espèce ayant une mobilité spatio-temporelle pour conquérir de nouveaux territoires plus adéquats aux changements globaux.

Mots-clés : *Juniperus phoenicea*, Régénération naturelle, Atlas saharien, Semi-aride, Djelfa.

Study on the Impact of Intrinsic and Extrinsic Factors on the Natural Regeneration of *Juniperus phoenicea* L., 1753, in Semi-arid (Djelfa; Algeria)

Abstract

The present study aims to highlight the predominant factors influencing the natural regeneration of *Juniperus phoenicea* L. in zone of the Djelfa region, located in the semi-arid (the central Saharan Atlas .Algeria). Based on ten selected homogeneous major stations, a total of 100 temporary observation plots of 400 m² each were surveyed using a mixed sampling method (stratified and systematic). On each plot, dendrometric variables were measured (total height, dominant height, density, and cumulative crown area), to which station-related characteristics (altitude, exposure, slope, lithology) and other factors attributing to the structure of the vegetation (first and second dominant species, overall coverage, coverage by layer, surface soil elements) were associated. The data analysis highlighted that the *J. phoenicea* populations are found in three contrasting "ecological types": expanding populations, self-sufficient populations, and declining populations. Thus, the analysis of demographic data using static life tables showed that natural renewal could be maintained and that the population size could remain at a certain point in the future. The red juniper can grow both in full light and in the shade, and facilitation is not the main mechanism of its regeneration. The populations of red juniper use the lower slopes and the shady side of the Djebel as climatic refuges where they benefit from a water supply. The regeneration of red juniper is diminished with the extent of the stand attributes, notably stand density, dominant height, and crown projection area. It is increased proportionally with average total height and dominant crown projection area, which reaffirms its heliophilous character. The maximum regeneration density of red juniper was observed in stands where the canopy cover is moderate between 16% and 20% and a seedling density ranging from 100 to 115 trees/ha. The ecological ambiance, including the dynamics and structuring indicated by the dominant species, shows that the best regeneration of *Juniperus phoenicea* corresponds to Aleppo pine stands and pure juniper groves. Thanks to endozoochory, *Juniperus phoenicea* appears as a species with spatiotemporal mobility to conquer new territories more suitable for global changes.

Keywords: *Juniperus phoenicea* ; Natural regeneration; Saharan Atlas ; Semi-arid ; Djelfa.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Listes des figures

Introduction

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LE *Juniperus phoenicea*

1. Taxonomie.....	5
2. Classification.....	8
3. Critères d'indentification.....	8
4. Description botaniques et caractères forestiers de <i>Juniperus phoenicea</i> L.	9
5. Aire de répartition	13
5.1. Historique.....	13
5.2. Répartition de <i>Juniperus phoenicea</i> dans le monde.....	14
5.3. Répartition de <i>Juniperus phoenicea</i> en Algérie.....	16
6. Caractéristiques écologiques de <i>Juniperus phoenicea</i>.....	17
6.1. Conditions climatiques et caractères édaphiques.....	17
6.2. Tempérament et régénération.....	18
6.3. Peuplement de Genévrier.....	19
6.4. Association du Genévrier.....	19
7. Ravageurs du <i>Juniperus phoenicea</i>.....	21

CHAPITRE II : MONOGRAPHIE DE LA ZONE D'ETUDE

1. Caractères généraux de la zone d'étude.....	22
1.1. Situation géographique.....	22
1.2. Géologie.....	23
1.3. Stratigraphie.....	24
1.4. Altitude.....	25
1.5. Pentes.....	26
1.6. Expositions.....	27
2. Pédologie.....	28
2.1. Les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués.....	29
2.2. Les sols calcimagnésiques.....	29
3. Végétation.....	30

3.1. les forêts.....	30
3.2. Les matorrals.....	30
3.3. La steppe.....	30
4. Situation biogéographique.....	32
5. Le climat.....	33
5.1. Précipitations.....	34
5.2. Régime pluvial saisonnier.....	35
5.3. Température.....	36
5.4. Synthèse climatique.....	37
5.4.1. Indice d'aridité de De Martonne.....	37
5.4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	38
5.4.3. Quotient pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER.....	38
5.4.4. Bioclimat.....	40
5.5. La tendance des paramètres climatiques et bioclimatiques.....	41
5.6. Autres paramètres climatiques.....	42
5.6.1. Humidité relative.....	42
5.6.2. Vents.....	42
5.6.3. Gelées et Neige.....	43
6. Feux de forêts.....	44

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

1. Objectif de l'étude.....	45
2. Echantillonnage.....	45
3. Les placettes expérimentales.....	47
4. Choix des indicateurs.....	50
4.1. Indicateurs de régénération.....	50
4.2. La table de survie statique.....	50
4.3. Indicateurs explicatifs.....	52
4.3.1. Caractéristiques dendrométriques.....	52
4.3.1.1. Densité.....	52
4.3.1.2. Hauteur des arbres.....	53
4.3.1.3. Diamètre et surface de la projection du houppier.....	53
4.3.2. Descripteurs phytoécologiques.....	54

4.3.2.1. Indicateurs du site	54
4.3.2.1.1. Exposition.....	54
4.3.2.1.2. Altitude.....	54
4.3.2.1.3. Position topographique.....	54
4.3.2.1.4. Pente.....	54
4.3.2.1. 5.Géologie.....	54
4.3.2.2. Facteurs tributaires de la structure de la végétation.....	55
4.3.2.2.1. Estimation des éléments de la surface du sol	55
4.3.2.2.2. Estimation du recouvrement par strates de végétation.....	55
4.3.2.2.3. Relevé floristique.....	56
5. Impact de zoochorie sur la régénération de <i>Juniperus phoenicea</i>.....	56
5.1. Collecte des données.....	56
5.2. Tests de germination.....	58
6. Analyse statistique.....	59

CHAPITRE IV : RESULTAT ET DISCUSSIONS

1. Caractéristiques de la régénération naturelle de <i>Juniperus phoenicea</i>.....	61
1.1. Densité de la régénération.....	61
1.2. Densité moyenne du peuplement.....	64
1.3. Indice de régénération.....	66
1.4. Distribution de la hauteur de la régénération de <i>Juniperus phoenicea</i>	69
2. Structure d'âge et table de mortalité statique.....	70
2.1. Analyse de la survie des populations de <i>Juniperus phoenicea</i>	72
3. Espèce nurse.....	74
3.1. Répartition des individus juvéniles de <i>J. phoenicea</i> selon leur emplacement.....	74
3.2. Effet de station sur l'emplacement de juvéniles de <i>J. phoenicea</i>	76
4. Paramètres de la régénération naturelle de <i>Juniperus phoenicea</i>.....	79
4.1. Caractéristiques des attributs dendrométriques.....	79
4.2. Impact des facteurs dendrométriques.....	82
4.3. Influence des facteurs orographiques.....	85
4.3.1. Effet de l'altitude.....	85
4.3.2. Effet de l'exposition.....	88
4.3.3. Effet du type de sol.....	89

4.3.4. Effet de la pente.....	91
4.3.5. Effet de la position topographique.....	92
4.3.6. Effet de l'unité géologique.....	94
4.4. Paramètres phytoécologiques.....	97
4.4.1. Recouvrement de la végétation.....	97
4.4.2. Les éléments de la surface du sol.....	97
4.4.3. Effet des espèces accompagnatrices.....	102
4.5. Pressions anthropiques.....	105
5. Impact de zoochorie sur la régénération du <i>Juniperus phoenicea</i>.....	106
5.1. Taux de germination.....	108
5.2. Cinétique de germination.....	113
5.2.1. Durée de vie latente T_1	114
5.2.2. Temps Moyen de Germination (TMG).....	115
Conclusion.....	117
Références Bibliographiques.....	121
Productions Scientifiques.....	147
Annexes	

Liste des abréviations

- ACP** : Analyse en Composantes Principales.
- ANOVA 1** : Analyse de la Variance à un seul Facteur.
- B. N. E. F** : Bureau National des Études Forestiers.
- C.P.C.S** : Commission de pédologie et de cartographie des sols.
- CAH** : Classification Ascendante Hiérarchique
- Ci** : Circonférence de l'arbre à 1.30 m du sol.
- C_i** : Crétacé inférieur (Hautérivien-barrémien).
- C_{ic}** : Crétacé inférieur (Aptien).
- C_n** : Crétacé supérieur (Cénomaniens).
- C_s** : Crétacé supérieur (Coniacien et Santonien)
- C_t** : Crétacé supérieur (Turonien).
- DGF** : Direction Générale des Forêts.
- DRS** : Défense et restauration des sols.
- G.P.S** : Global Positioning Système.
- Hd** : Hauteur dominante.
- Htm** : Hauteur total moyenne.
- I** : Indice d'aridité de De Martonne
- IR** : Indice de Régénération.
- ONM** : Office National de Météorologie.
- Q₂** : Quotient pluviométrique d'Emberger.
- r** : Coefficient de Corrélation.
- SPH** : Surface de la Projection du Houppier.

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Systematique du genre <i>Juniperus</i> .	5
Tableau 2 :	Occupation du sol de cinq massifs étudiés.	23
Tableau 3 :	Occupation actuelle des massifs forestiers.	32
Tableau 4 :	Principales subdivisions phytogéographiques de la zone d'étude d'après la classification de Barry et Celles (1974).	33
Tableau 5 :	Précipitations annuelles en (mm) (1982/2021).	34
Tableau 6 :	Moyennes des précipitations mensuelles en (mm) (1982/2021).	35
Tableau 7 :	Répartition pluviométrique saisonnière des stations de Djelfa.	36
Tableau 8 :	Moyennes des températures mensuelles minimales et maximales en (°C) (1982/2021).	37
Tableau 9 :	Synthèse des différents paramètres climatiques de la station de Djelfa pour les périodes (1918-1938), (1926-1950) et (1982-2021).	41
Tableau 10 :	Humidité moyenne de la région de Djelfa (1982-2021).	42
Tableau 11 :	Vitesse moyennes mensuelle du vent en (m/sec).	42
Tableau 12 :	Nombre moyen mensuel de jours de gelée.	43
Tableau 13 :	Bilan des Feux de forêts.	44
Tableau 14 :	Présentation des caractères géographiques pour chaque station d'étude	47
Tableau 15 :	Paramètres de la table de survie statique utilisés dans l'estimation du taux de survie et de mortalité des populations de <i>Juniperus phoenicea</i> dans l'atlas saharien.	52
Tableau 16 :	Récapitulatifs des données caractéristiques des origines des lots des graines expérimentées.	57
Tableau 17 :	Caractéristiques de la régénération naturelle du <i>Juniperus phoenicea</i> dans l'Atlas saharien central.	62
Tableau 18 :	Table de mortalité statique des populations du <i>Juniperus phoenicea</i> et les populations regroupées dans l'Atlas saharien central.	70
Tableau 19 :	Effet de station et d'espèce nurse sur l'emplacement de juvéniles de <i>Juniperus phoenicea</i> .	78
Tableau 20 :	Caractéristiques des attributs dendrométriques des peuplements étudiés.	80
Tableau 21 :	Régénération naturelle de <i>Juniperus phoenicea</i> selon les versants (Nord et Sud).	88
Tableau 22 :	Caractéristiques des éléments de la surface du sol des stations étudiées	99
Tableau 23 :	Principaux oiseaux granivores observés fréquentant les juniperaies dans la zone d'étude.	113

Liste des figures

Figure 1 :	Genévrier Rouge (<i>Juniperus phoenicea</i> L.).	8
Figure 2 :	Inflorescences femelle (A) et mâle (B) de <i>Juniperus phoenicea</i> L.	11
Figure 3 :	Stades de développement du cône de Genévrier rouge.	12
Figure 4 :	Aire de répartition du <i>Juniperus phoenicea</i> L.	15
Figure 5 :	Aire de répartition de <i>Juniperus phoenicea</i> en Algérie.	16
Figure 6 :	Situation des massifs de la zone d'étude.	22
Figure 7 :	Carte géologique de la zone d'étude.	24
Figure 8 :	Carte de repartition altimétrique de la zone d'étude.	26
Figure 9 :	Carte des pentes de la zone d'étude.	27
Figure 10 :	Carte des pentes de la zone d'étude.	28
Figure 11 :	Extrait de la carte d'occupation des sols (Kadik <i>et al.</i> , 2002), feuille de Djelfa	31
Figure 12	Fluctuations des précipitations annuelles en (mm) durant la période (1982/2021).	35
Figure 13 :	Variabilité pluviométrique saisonnière des stations de Djelfa (1982-2021).	36
Figure 14 :	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la zone d'étude (1982/2021).	38
Figure 15 :	Climagramme d'EMBERGER de la zone d'étude (1982/2021).	39
Figure 16 :	Carte des étages bioclimatiques de la zone d'étude.	40
Figure 17 :	Rose du vent de la zone d'étude.	43
Figure 18 :	Zone culminante de Djellel Chargui où de vastes Juniperaies se développent sur le versant Nord.	45
Figure 19 :	Localisation des stations d'échantillonnages au sein des massifs forestiers de l'Atlas saharien Central.	46
Figure 20 :	photographie les différents juniperaies des stations d'étude.	49
Figure 21 :	Répartition des placettes d'échantillonnage selon les unités géologiques.	55
Figure 22 :	Répartition de la densité moyenne de régénération naturelle des peuplements de <i>J. phoenicea</i> dans la région de Djelfa (Atlas saharien central).	63
Figure 23 :	Répartition de la densité moyenne des peuplements de <i>Juniperus phoenicea</i> dans la région de Djelfa (Atlas saharien central).	64
Figure 24 :	Structure de peuplements de <i>Juniperus phoenicea</i> par stations.	65

Figure 25 :	Répartition de la densité moyenne des populations du <i>Juniperus phoenicea</i> selon les catégories d'âge dans la région de Djelfa (Atlas saharien central).	68
Figure 26 :	Répartition de régénération par classes de hauteur.	69
Figure 27 :	Courbes de taux de survie des stations étudiées de populations du <i>Juniperus phoenicea</i> dans l'Atlas saharien central.	73
Figure 28 :	Courbes de taux de mortalité des stations étudiées de populations du <i>Juniperus phoenicea</i> dans l'Atlas saharien central.	73
Figure 29 :	Répartition des individus juvéniles de <i>Juniperus phoenicea</i> selon leur emplacement.	76
Figure 30 :	Disposition de junipères en couronne autour de souches de <i>P. halepensis</i> et/ou de <i>J. phoenicea</i> .	76
Figure 31 :	Répartition de juvéniles de <i>Juniperus phoenicea</i> selon leur emplacement.	77
Figure 32 :	Installation de <i>Juniperus phoenicea</i> (semi-ombré) sous l'abri de <i>Pinus halepensis</i> .	77
Figure 33 :	Effet de station et d'espèce nurse sur l'emplacement de juvéniles de <i>Juniperus phoenicea</i> .	78
Figure 34 :	Différentes formes de genévrier rouge en Atlas saharien central.	81
Figure 35 :	Résultat de l'analyse en composante principale (ACP), projection des variables sur le cercle de corrélation.	82
Figure 35 :	Résultat de l'analyse en composante principale (ACP), projection des observations.	83
Figure 37 :	Résultat de la classification hiérarchique ascendante (CHA).	84
Figure 38 :	Répartition des placettes étudiées selon les tranches altitudinales.	86
Figure 39 :	Potentialités de la régénération naturelle de <i>Juniperus phoenicea</i> dans les différentes classes d'altitude.	87
Figure 40 :	Effet de l'exposition des versants (Nord et Sud) sur la régénération de <i>J. phoenicea</i> .	88
Figure 41 :	Répartition des placettes étudiées selon le type de sol.	89
Figure 42 :	Effet de type de sol sur la régénération du <i>J. phoenicea</i> .	90
Figure 43 :	Effet de la pente sur la régénération du <i>Juniperus phoenicea</i> .	92
Figure 44 :	Répartition des placettes étudiées selon la position topographique.	93
Figure 45 :	Densité de régénération du <i>Juniperus phoenicea</i> en fonction de la position topographique.	94
Figure 46 :	Répartition des placettes étudiées selon l'unité géologique.	95
Figure 47 :	Densité de régénération du <i>Juniperus phoenicea</i> en fonction de l'unité géologique.	96

Figure 48 :	Juniperaies envahis par <i>Stipa retorta</i> .	98
Figure 49 :	Influence de la couverture de la litière sur la densité de régénération de <i>Juniperus phoenicea</i>	100
Figure 50 :	Influence de l'affleurement sur la densité de régénération de <i>Juniperus phoenicea</i> .	101
Figure 51 :	Influence de recouvrement de la végétation sur la densité de régénération de <i>Juniperus phoenicea</i> .	101
Figure 52 :	Répartition des placettes étudiées selon la première espèce dominante.	102
Figure 53 :	La potentialité de régénération naturelle du <i>Juniperus phoenicea</i> selon les groupements végétaux.	103
Figure 54 :	Répartition des placettes étudiées selon la deuxième espèce dominante.	104
Figure 55 :	La potentialité de régénération naturelle du <i>Juniperus phoenicea</i> selon la deuxième espèce dominante.	104
Figure 56 :	Excréments des frugivores, des galbules de <i>Juniperus phoenicea</i> dans la région d'étude.	108
Figure 57 :	Effet de l'ingestion par les frugivores sur le taux de germination des graines de <i>Juniperus phoenicea</i> .	109
Figure 58 :	Germination des graines de <i>Juniperus phoenicea</i> ingérées et non ingérées.	111
Figure 59 :	Evolution du taux de germination des graines de <i>Juniperus phoenicea</i> ingérées et non ingérées.	114
Figure 60 :	Effet de l'ingestion par différents frugivores sur le taux moyen de germination (TMG) et la durée de vie latente (T_1) du <i>Juniperus phoenicea</i> .	115

Introduction

Juniperus phoenicea Linné. 1753 communément appelé genévrier rouge ou genévrier de Phénicien, est un arbuste ou un petit arbre à feuilles persistantes. Il couvre l'ensemble du bassin méditerranéen, du Portugal, sur les côtes atlantiques et Montagnes de l'Atlas à l'Ouest, jusqu'à la Jordanie, la péninsule du Sinaï et l'Arabie saoudite le long de la mer rouge à l'Est. Il est également présent sur Madère et les Îles de Canaries (Farjon, 2005).

En Algérie, ce résineux est quasi omniprésent dans le paysage forestier de l'Atlas saharien, il remplace *Pinus halepensis* et *Tetraclinis articulata* dans les zones continentales (Boudy, 1950) et *Quercus ilex* lorsque les précipitations deviennent insuffisantes pour cette espèce (Rol et Jacamon, 1968 ; Benabid, 1985). La plasticité et la résistance de cet arbuste lui permettent de coloniser les différents types de substrats depuis les dunes du littoral jusqu'aux limites sahariennes (Boudy, 1950).

Selon Boudy (1950), la surface occupée par le genévrier de Phénicie en Afrique du nord s'élève à 450 000 hectares, dont 290 000 en Algérie. Il occupe les régions à bioclimat notamment aride et semi-aride, dans un régime plus continental, dans les zones à précipitations allant le plus fréquemment de 200 à 400 mm/an (Quezel et Gast, 1998).

Le statut de conservation actuel de *Juniperus phoenicea* est classé en « Préoccupation mineure » (LC : Least Concern) sur la Liste rouge de l'UICN (Dakhil *et al.*, 2022). Toutefois, compte tenu de son état de dégradation et de la vulnérabilité particulière de ses populations en Algérie, l'espèce est protégée par le décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées (Journal officiel de la république algérienne n° 12/03) en tant qu'espèce en danger.

Le Genévrier de Phénicie se développe dans des situations écologiques extrêmes (El-Bana *et al.*, 2010). Il résiste à la sécheresse, à la dégradation des sols et à la pression anthropique, surtout dans les régions les plus arides (Riou-Nivert, 2001). Il joue un rôle prépondérant dans la dynamique des groupements préforestiers (Quézel et Médail, 2003). Ce taxon contribue activement au maintien de la biodiversité comme un gîte et une source de nourriture ; les frugivores potentiels dans la région, se nourrissent de ses galbules en période de disette (Arista *et al.*, 1997 ; Mandin, 2010 ; Garcia-Cervigon *et al.*, 2017). L'arbre possède des vertus thérapeutiques (Jarry, 1993 ; Bellakhder, 1997 ; Qnais *et al.*, 2005 ; Ramdani *et al.*, 2013 ; Bouyahyaoui *et al.*, 2016), et constitue une source de bois combustible (Boudy, 1950).

En dépit de son importance écologique, les matorrals de Genévrier de Phénicie sont soumises au risque élevé de dépérissement depuis les années 1970 (Kabiél *et al.*, 2016), cela

en raison des effets de plusieurs facteurs conjugués : (1) des crises de sécheresses périodiques (Gazol *et al.*, 2017 ; Farhat, 2020 ; Dakhil *et al.*, 2022); (2) caractères intrinsèques de l'espèce (système racinaire superficiel) (Pausas, 1999) ; (3) mauvaises caractéristiques du sol et de faible bilan hydrique (El-Bana *et al.*, 2010) ; (4) la pression humaine : surpâturage, exploitation combustibles ou médicinales (5), la mise en culture et le tourisme circum-méditerranéen (Libreton et Pérez de Paz, 2001) et en fin (6) régénération naturelle déficiente (Zine el Abidine *et al.*, 1996 ; El-Bana *et al.*, 2010 ; Kabiél *et al.*, 2016 ; Moustafa *et al.*, 2016 ; Dakhil *et al.*, 2022) peuvent être à l'origine des graves modifications tel que la régression dramatique de la taille de l'aire de répartition de l'espèce, réduction de sa capacité de dispersion et de régénération.

Cramer *et al.* (2018) ont rapporté que le réchauffement climatique futur dans la région méditerranéenne devrait varier entre 2 et 4 °C d'ici les années 2080, indiquant que la priorité de conservation devrait être donnée aux pays arides et semi-arides d'Afrique du Nord-Méditerranée et du Moyen-Orient, en plus des pays d'Europe du Sud. Plusieurs études ont rapporté différents scénarios de distribution potentielles du complexe de *Juniperus phoenicea* (Arar *et al.*, 2020 ; Salvà-Catarineu *et al.*, 2021 ; Dakhil *et al.*, 2022 ; El-Barougy *et al.*, 2023). Ces scénarios permettent de déterminer les facteurs prédictifs les plus influents et leur importance relative pouvant limiter la régénération de *J. phoenicea*, en plus d'identifier les zones les plus appropriées qui pourraient être considérées comme des zones prioritaires pour la conservation. De même, un rétrécissement important de l'aire de répartition spatiale de l'espèce pourrait avoir lieu d'ici 2070, en réponse aux facteurs provoquant ces changements, des déplacements de l'aire de répartition de l'espèce vers les latitudes Nord, les longitudes Est et les hautes altitudes peuvent se produire en réponse aux changements climatiques (Arar *et al.*, 2020 ; Salvà-Catarineu *et al.*, 2021, Dakhil *et al.*, 2022, Barougy *et al.*, 2023).

La régénération est le pilier essentiel de la persistance et la durabilité des écosystèmes ; elle englobe des processus permettant de générer régulièrement de nouveaux individus fertiles au sein des peuplements. Ces processus de régénération englobent des phases distinctes qui décrivent le cycle de vie d'une plante, incluant la fructification, la dispersion et la germination des graines, l'établissement et la croissance des semis et des jeunes arbres (Madsen et Larsen, 1997). Le succès de chaque phase peut être influencé de manière variable par l'interaction d'une grande diversité de facteurs biotiques et abiotiques (Matney et Hodges, 1991 ; Paluch, 2005). Ils incluent à la fois des facteurs environnementaux (édaphiques, climatiques et orographiques) (Montero *et al.*, 1996 ; Pardos *et al.*, 2007), la

structure du peuplement, l'influence de la végétation interférente (Prévosto *et al.*, 2018 ; Helluy, 2020) et les actions humaines, ainsi que des facteurs spécifiques à l'espèce elle-même, notamment de sa tolérance aux conditions environnementales locales (Grubb, 1977).

Plusieurs études ont contribué à l'hypothèse que la frugivorie est le principal moyen de dispersion de toutes les espèces du genre *Juniperus* (Salomonson, 1978 ; Chavez-Ramirez et Slack, 1994 ; Santos *et al.*, 1999 ; García *et al.*, 2001 ; Verdú et García-Fayos, 2003 ; Rodríguez-Pérez *et al.*, 2005 ; Rumeu *et al.*, 2009 ; Adams et Thornburg, 2010 ; Rumeu *et al.*, 2011 ; Suárez-Esteban *et al.*, 2013 ; Dimitri, 2015 ; Dimitri *et al.*, 2017 ; Stricklan, 2019 ; Stricklan *et al.*, 2020). L'endozoochorie est un mode de dissémination où les frugivores mangent les fruits dont les graines sont en partie expulsées intactes dans les excréments et demeurent viables et gardent leur pouvoir germinatif (Jordano et Herrera, 1981 ; Pijl, 1982 ; Breytenbach et Skinner, 1982 ; Herrera, 1982 ; Jordano, 1982 ; Janzen, 1983 ; Charles-Dominique, 1995). Le frugivore assure la dissémination de ces graines dans un rayon de quelques dizaines à quelques centaines de mètres, ce qui est suffisant pour trouver des biotopes adéquats à la germination et au développement des plantules, à l'écart du pied mère (Genard et Lescourret, 1985). La capacité des graines à germer après ingestion par les frugivores est importante pour la dynamique des populations de certaines espèces végétales et significative pour l'évolution des interactions plantes-frugivores (Traveset, 1998).

D'après les littérateurs reportés dans cet axe, peu d'études ont été abordées la structuration et le fonctionnement des junipérais dans le monde, notamment, en Egypte (El-Bana *et al.*, 2010 ; Moustafa *et al.*, 2016 ; Farhat *et al.*, 2020) et en Libye (Kabiél *et al.*, 2016 ; Abdalrhim, 2021) et en France (Busti et Mandin, 2010 ; Mathaux *et al.*, 2016).

Bien que, en Algérie, ce type de formation occupe une importante superficie, À ce jour, aucune étude de terrain n'est disponible pour caractériser et évaluer la régénération naturelle des junipérais algériennes. Cependant, les monts de l'Atlas saharien de l'Algérie représentent le dernier refuge méridional de l'aire de répartition du Genévrier de Phénicie qui nous interpelle pour engager une étude particulière de cette ressource phytogénétique.

Notre objectif est de définir, dans un processus forestier naturel, les conditions optimales d'ambiances forestières déterminées par les paramètres dendrométriques des peuplements et les facteurs stationnels, de la régénération naturelle du Genévrier de Phénicie de l'Atlas saharien central. Pour mieux comprendre le fonctionnement de ce genre d'écosystème et dans le but de constituer une base de données précise sur les junipérais de l'Atlas saharien central, nous avons essayé :

- D'étudier la structure du peuplement en se basant sur plusieurs paramètres dont la densité du peuplement, la hauteur des arbres et leur l'âge ;
- De comparer la structure des différentes stations et établir un modèle de dynamique générale des junipérais de l'Atlas saharien central ;
- De définir le rôle de l'endozoochorie dans la dispersion et la régénération du *J. phoenicea* dans l'atlas saharien central.

Le présent document est structuré en quatre chapitres, le premier chapitre est consacré à la monographie du Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.). Le deuxième chapitre présente la zone d'étude et décrit les stations choisies au sein de l'Atlas saharien central. La présentation des méthodes adoptées sur le terrain et au laboratoire, et des traitements statistiques utilisés pour exploiter les résultats obtenus sont rassemblés dans le troisième chapitre. Le quatrième chapitre englobe les résultats obtenus et leur discussion. En fin, le document s'achève avec une conclusion générale assortie de quelques recommandations.

Chapitre I
Généralité sur le Juniperus phoenicea

1. Taxonomie

Le genre *Juniperus* appartenant à la famille des *Cupressaceae* qui comprend deux sous-familles, chacune est subdivisée en trois tribus, les *Cupressoideae* et les *Callitroideae* (Haluk et Roussel, 2000). D'après Debazac (1991), il représente le genre le plus diversifié de la famille des *Cupressaceae*.

Le genre *Juniperus* est monophylétique (Adams, 2014) et il est scindé en trois sections monophylétiques; *Caryocedrus*, *Juniperus* et *Sabina* (Adams, 2004 ; 2008 ; 2014) et chaque section est spécifique à une aire biogéographique (Tableau 1).

Tableau 1 : Systématique du genre *Juniperus* (Adams, 2004 ; Adams, 2008 ; Adams, 2014 ; Ferrer-Gallego *et al.*, 2017 ; Mazur, 2021).

Genre	Section	Nombre d'espèce	Aire biogéographique
<i>Juniperus</i>	<i>Caryocedrus</i>	01	<i>J. drupaceae</i> : région Est méditerranéenne
	<i>Juniperus</i>	14	-Hémisphère Est à l'exception de <i>J. jackii</i> (endémique) : Nord de l'Amérique et <i>J. communis</i> : répartition circumboréale.
	<i>Sabina</i>	60	Hémisphère nord

En Algérie, ce genre est parmi les plus commun en comptant 5 espèces, dont deux sont très rares (*Juniperus thurifera* L. et *Juniperus sabina* L.), une rare (*Juniperus communis* L.) et deux espèces des régions arides et semi-arides, soumises à une forte dégradation suite aux facteurs naturels et anthropiques agressifs (*Juniperus oxycedrus* L. et *Juniperus phoenicea* L.) (Quézel et Santa, 1962).

L'origine du genre *Juniperus* remonte à une période très ancienne, l'Oligocène, avec une diversification au Pléistocène (Fernández Palacios *et al.*, 2011 ; Little , 2006 ; Mao *et al.*, 2010). Sa monographie est sans cesse mise à jour et elle en est à sa quatrième édition (Adams 2004, 2008, 2011, 2014) et il comprend près de 100 taxons, ce qui en fait le genre le plus diversifié au sein de sa famille et le deuxième genre de conifères le plus répandu sur terre après *Pinus* L. (Adams et Schwarzbach, 2013).

Les genévriers rouges forment un complexe qui a donné lieu à diverses descriptions de taxons, entraînant des confusions taxonomiques et des variations dans la nomenclature en raison des interprétations variables par différents auteurs et à travers différentes périodes. Cela

a conduit à des classifications allant de la reconnaissance en tant qu'espèces, sous-espèces ou variétés, voire à des synonymes pour des entités qui n'ont pas été reconnues.

Selon Romo *et al.*, 2019 et Salvà-Catarineu *et al.*, 2020, le complexe *J. phoenicea* comprend trois espèces: *Juniperus phoenicea* L. sensu stricto (s.s.), *Juniperus turbinata* Guss. et *Juniperus canariensis* Guyot. Ces espèces diffèrent les unes des autres sur le plan génétique, la biochimie, les caractères morphologiques des cônes, des graines et la phénologie. *Juniperus phoenicea* L. (s.s.) a été considérée comme *Juniperus phoenicea* ssp. *phoenicea* (Amaral Franco, 1986 ; Farjon, 2005 ; 2010) ou *Juniperus phoenicea* var. *phoenicea* (Adams, 2011). *Juniperus turbinata* Guss. a été évaluée comme *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* (Guss.) Nyman (Farjon, 2005 ; 2010) ou *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* (Guss.) Parl. (Mazure *et al.*, 2018).

Des recherches phytochimiques et morphologiques menées sur divers spécimens du *Juniperus phoenicea* L. ; sensu lato (s.l.) (Lebreton et Thivind, 1981 ; Lebreton, 1983 ; Lebreton et Rivera, 1988. Lebreton et Pérez de Paz, 2001) ont confirmé l'existence de deux taxons distincts : *Juniperus phoenicea* L. et *Juniperus turbinata* (Guss.). Le premier se caractérise par l'absence de prodelphinidine, des galbules de petite taille et un nombre de graines par galbule compris entre 7 et 9, tandis que le second présente une teneur élevée en prodelphinidine (45-85%), des galbules de plus grande taille et un nombre de graines par galbule de 4-7.

Au cours des années 1980, de nombreuses études ont confirmé la haute valeur taxonomique de *Juniperus turbinata*. Un synonyme ultérieur, *Juniperus phoenicea* subsp. *eu-mediterranea*, a été établi (Lebreton et Thivend, 1981 ; Lebreton, 1983 ; Lebreton et Rivera, 1988 ; Rivas Martinez *et al.*, 1993 ; Lebreton et Pérez de Paz, 2001 ; Mazur *et al.*, 2010, 2016, 2018 ; Adams *et al.*, 2014). Des recherches ultérieures basées sur des analyses moléculaires ont également confirmé que ce taxon est distinct de *Juniperus phoenicea* sensu stricto (Adams *et al.*, 2002, 2010, 2013 ; Adams et Schwarzbach, 2013 ; Boratyński *et al.*, 2009 ; Dzialuk *et al.*, 2011 ; Gómez *et al.*, 2011). *Juniperus phoenicea* subsp. *eu-mediterranea*, ainsi qu'une douzaine d'autres taxons, actuellement considérés comme synonymes de *Juniperus phoenicea* et/ou de *Juniperus turbinata*, ont également été classés comme faisant partie du complexe *Juniperus phoenicea* (Mazur *et al.*, 2018).

Rezzi *et al.* (2001) ont observé des variations infraspécifiques au sein des huiles essentielles extraites des feuilles de *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* en Corse, bien que cela n'ait pas été accompagné de différences morphologiques observables. Ils ont identifié deux types chimiques distincts : le premier présente une teneur élevée en α -pinène, une faible quantité de β -phellandrène et une faible teneur en acétate d' α -terpinyle. Le second se caractérise par une faible teneur en α -pinène, une quantité élevée de β -phellandrène et une teneur élevée en acétate d' α -terpinyle. La variation génétique de *J. phoenicea* avec ADN Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs), testée sur plusieurs individus en méditerranée occidentale et centrale (Adams *et al.*, 2002), et les marqueurs (ISSR) Inter-Simple Sequence Repeat entre quatre populations de l'ouest et une de l'est de la région méditerranéenne (Meloni *et al.*, 2006) ont apporté une contribution valable à la position taxonomique et aux relations entre les espèces, ainsi qu'à la différenciation géographique et à la phylogéographie et confirmant également les différences entre la ssp. *phoenicea* et la ssp. *turbinata*.

Enfin, il convient de noter que les populations macaronésiennes (*Juniperus canariensis* Guyot) ont également été évaluées comme méritant un rang taxonomique élevé (Mazure *et al.*, 2018), contrairement aux recherches précédentes (Adams *et al.*, 2010). Les conclusions des travaux de Lebreton et Pérez de Paz (2001) puis de Romo *et al.* (2019) qui reprennent et renforcent les positions prises par Rivas-Martinez *et al.* (1993) et Asensi *et al.* (2007), et reconnaissent le taxon macaronésien comme une sous-espèce de *Juniperus turbinata* ou comme une espèce autonome sous le nom de *J. canariensis* Guyot.

Chez *J. turbinata* trois "microtaxa" sont proposés par Lebreton et Pérez de Paz (2001), également soutenus par les résultats de Mazur *et al.* (2018) :

- "var. *occidentalis*" dans la Méditerranée côtière occidentale ;
- " var. *orientalis*" en Méditerranée orientale et caractérisée par un très faible nombre de graines par cône ;
- "chemovar. *montana*" dans les montagnes continentales du Maghreb où les populations présentent des composés chimiques spécifiques qui diffèrent significativement des populations côtières. (Mansouri *et al.*, 2011 ; Bekhechi *et al.*, 2012).

2. Classification

La position taxonomique du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L., (1753) (figure 01) est donnée par la classification de Cronquist (1981) comme suit :

Domaine : Eucarya

Règne : Plantae

Sous-règne : Chlorobionta

Embranchement : Pinophyta

Classe : Pinopsida

Ordre : Pinales

Famille : Cupressacées

Genre : *Juniperus*

Espèce : *J. phoenicea*

Selon Bonnier (1934), les noms vernaculaires incluent : Genévrier de Phénicie, Fausse sabine, Genévrier de Lycie (Français) ; Phoenician-cedar, Berry-bearing-cedar (Anglais) ; Cypressenwachholder, Rotbeeringer-Wachholder, Criechischer- Wachholder (Allemand) ; Cedrolicio (Italien) ; Orientaalsche-Geneverboom, Ootersche-Ceder (Flammand), Araâr (Arabic) et Ifz ou Remba (Tamazight) (Bouyahyaoui *et al.*, 2016).

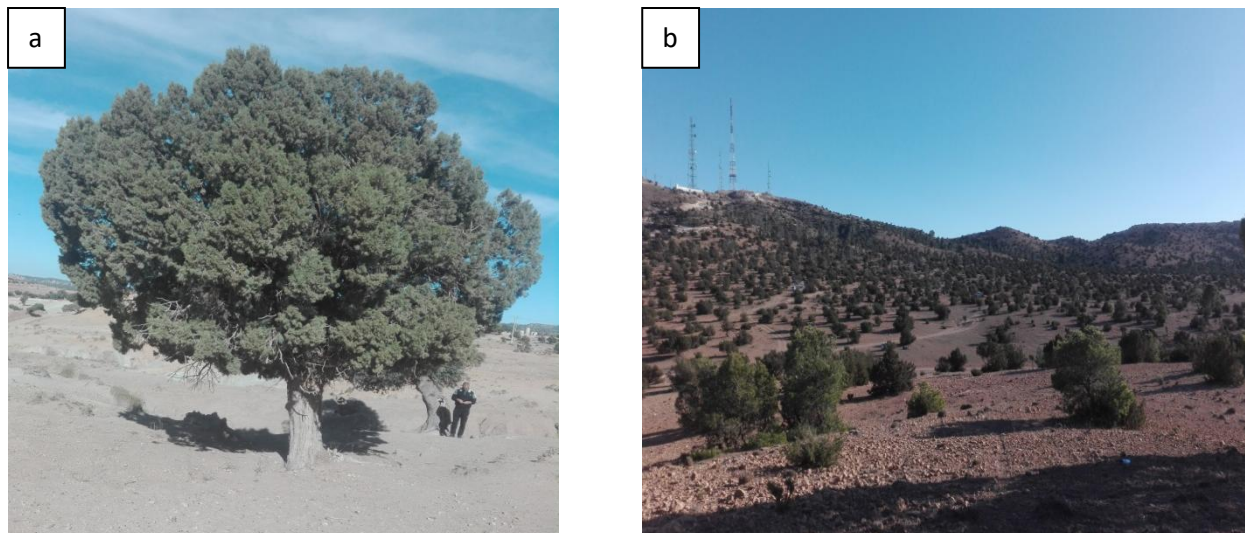


Figure 1: Aspect général du Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.), photographié dans la forêt de (a) Senalba Gharbi et (b) Djellal chargui (Photos Benabderrahmane A, 2020).

3. Critères d'indentification

Selon Lebreton et Pérez de Paz (2001), l'identification du complexe *J. phoenicea* se base sur les critères suivants :

a). *Juniperus phoenicea* (L.) : Les feuilles sont squamiformes sur les rameaux de l'année, obtuses ou subaiguës. Les extrémités des rameaux sont peu ou pas coudées. Les galbules matures ont un diamètre de 6 à 9 mm et contiennent habituellement entre 7 et 10 graines. Le feuillage est sans prodelphidines.

b). *Juniperus turbinata* (Guss.) emend.: les feuilles sont squamiformes sur les rameaux de l'année, aigues à nettement acuminées. Les extrémités des rameaux sont coudées. Les galbules arrivés à maturité ont un diamètre compris entre 8 et 12 mm et contiennent généralement moins de 7 graines. Le feuillage est avec de prodelphidines.

b.1 *Juniperus turbinata* ssp. *turbinata* : les feuilles sont squamiformes sur des rameaux de l'année, pointues. Les extrémités peu dures et non piquantes. La fosse dorsale de la chambre résinifère est moins de la moitié de la longueur de la feuille. Les rameaux sont fortement coudés, surtout chez les jeunes pousses. La prodelphinidine est nettement plus abondante que la procyanidine.

b.1.1. En moyenne, 5-6 graines par galbule : selon les variations de prodelphinidine : en concentration élevée dans la variété *occidentalis* présente sur le littoral et les îles de la méditerranée occidentale, et en concentration absolue plus faible dans la variété **chimiovar *montana*** présente à l'intérieur du Maghreb.

b.1.2. En moyenne, 4 graines par galbule: Prodelphinidine en teneur absolue plus faible. On la trouve principalement à Chypre, en Crète (et potentiellement en Grèce) sous la variété *orientalis*.

b.2. *Juniperus turbinata* ssp. *canariensis* (Guyot) : Les feuilles squamiformes des rameaux de l'année nettement pointues, aux extrémités dures et piquantes : fosse dorsale de la chambre résinifère de longueur équivalente à la moitié à deux tiers de la feuille. Rameaux sont peu coudés, particulièrement pour les jeunes. On retrouve des niveaux similaires de prodelphinidine et de procyanidine. En moyenne, il y a de 3 à 4 graines par galbule.

4. Description botaniques et caractères forestiers de *Juniperus phoenicea* L.

Le nom "*Phoenicea*" tire son origine de la Phénicie, une ancienne contrée s'étendant le long de la méditerranée. Ce qui distingue ce genre, c'est la structure de son fruit. Le fruit se présente sous la forme d'un cône dont les écailles finissent par fusionner pour devenir charnues, prenant alors l'aspect d'une baie. Contrairement aux autres conifères dont les fruits se détachent du cône à maturité, chez le *Juniperus*, les fruits entiers tombent au sol, et les graines ne sont libérées qu'au fur et à mesure de la décomposition de la pulpe (Figure 3C).

C'est un arbrisseau ou un petit arbre souvent monoïque, dressé, rameau dès la base, et touffu avec des rameaux étalés formant une cime allongé (Pavon *et al.*, 2020). Il peut mesurer entre un et huit mètres de hauteur, avec une circonférence de plus de deux mètres. Selon Boratynski *et al.* (2009), sa hauteur maximale peut atteindre 12 mètres.

Les différentes espèces de genévriers sont généralement diploïdes avec un nombre de base égal à 11 ($2n = 22$ chromosomes), bien que certains taxons tétraploïdes ($2n = 44$) ont été signalés, comme *Juniperus thurifera* ou même *Juniperus chinensis* (Farhat, 2019).

Les feuilles sont souvent en forme de petites écailles losangiques, presque obtuses, creusées d'un sillon, et pourvues d'une petite glande à résine arrondie sur le dos qui se prolonge sur le rameau. Elles font de 0,7 à 1 mm de large. Il semble qu'elles soient disposées par trois et sont généralement étroitement imbriquées sur six rangs (Bonnier, 1934). Selon d'autres auteurs, il est suggéré que les feuilles sont insérées en spirales par trois ou quatre (Dorvault, 1982) et plus fréquemment par cinq (Garnier, 1961 ; Bezanger-Beauquesne, 1990). En effet, si l'on casse un rameau, on peut observer deux à trois feuilles à des hauteurs différentes. Les rameaux présentent une forme cylindrique. D'autres feuilles d'environ un centimètre de longueur, aciculaires, ne se développent, en général, que pendant les premières années de la plante. (Bonnier, 1934 ; Tutin, 1964).

L'écorce se caractérise par une teinte brun rougeâtre ou grisâtre, et elle affiche une texture considérablement épaisse et gerçurée (Bonnier, 1934).

Pour la Fleur, les cônes staminés et les cônes pistillés font généralement leur apparition en automne, souvent sur un même arbre, bien que parfois ils puissent se former sur des arbres distincts. L'inflorescence mâle est portée par une branche courte et se présente sous la forme d'une structure allongée, composée de nombreuses étamines peltées (figure 2B). Quant à l'inflorescence femelle, elle est composée de trois écailles ovulifères opposées, ou verticillées (figure 2A).

Concernant le fruit, les cônes fructifères se composent de six à huit écailles charnues qui ont une forme globuleuse (Guinochet, 1973). Ils sont dressés sur un court pédoncule et n'atteignent leur maturité qu'à l'automne de l'année suivante. Au départ, ils sont de couleur noire quand ils sont jeunes, puis deviennent verts ou jaunâtres avec un peu de pruine (figure 3B), pour finalement prendre une teinte rouge luisantes une fois arrivés à maturité. La taille des fruits varie généralement de 6 à 10 mm, et selon la flore européenne, elle peut atteindre

jusqu'à 14 mm (Tutin, 1964). Chaque fruit renferme de 3 à 9 graines anguleuses creusées de sillons profonds (Bonnier, 1934 ; Tutin, 1964). Une caractéristique notable de ce fruit est la texture fibreuse et résineuse de sa chair, ce qui complique l'extraction des graines.

Larson *et al.* (1999) ont rapporté la découverte d'un *Juniperus phoenicea* vieux de 1140 ans dans les falaises des gorges du Verdon (France). Cet arbre ne mesurait que 1,5 mètre de hauteur et présentait un diamètre de seulement 8 centimètres. De même, dans la réserve naturelle des Gorges de l'Ardèche (France), Mandin (2005) a identifié plusieurs spécimens, âgés de 1000 à 1500 ans.



Figure 2 : Inflorescences femelle (A) et mâle (B) de *Juniperus phoenicea* L.

(Photos Benabderrahmane A. 2021)

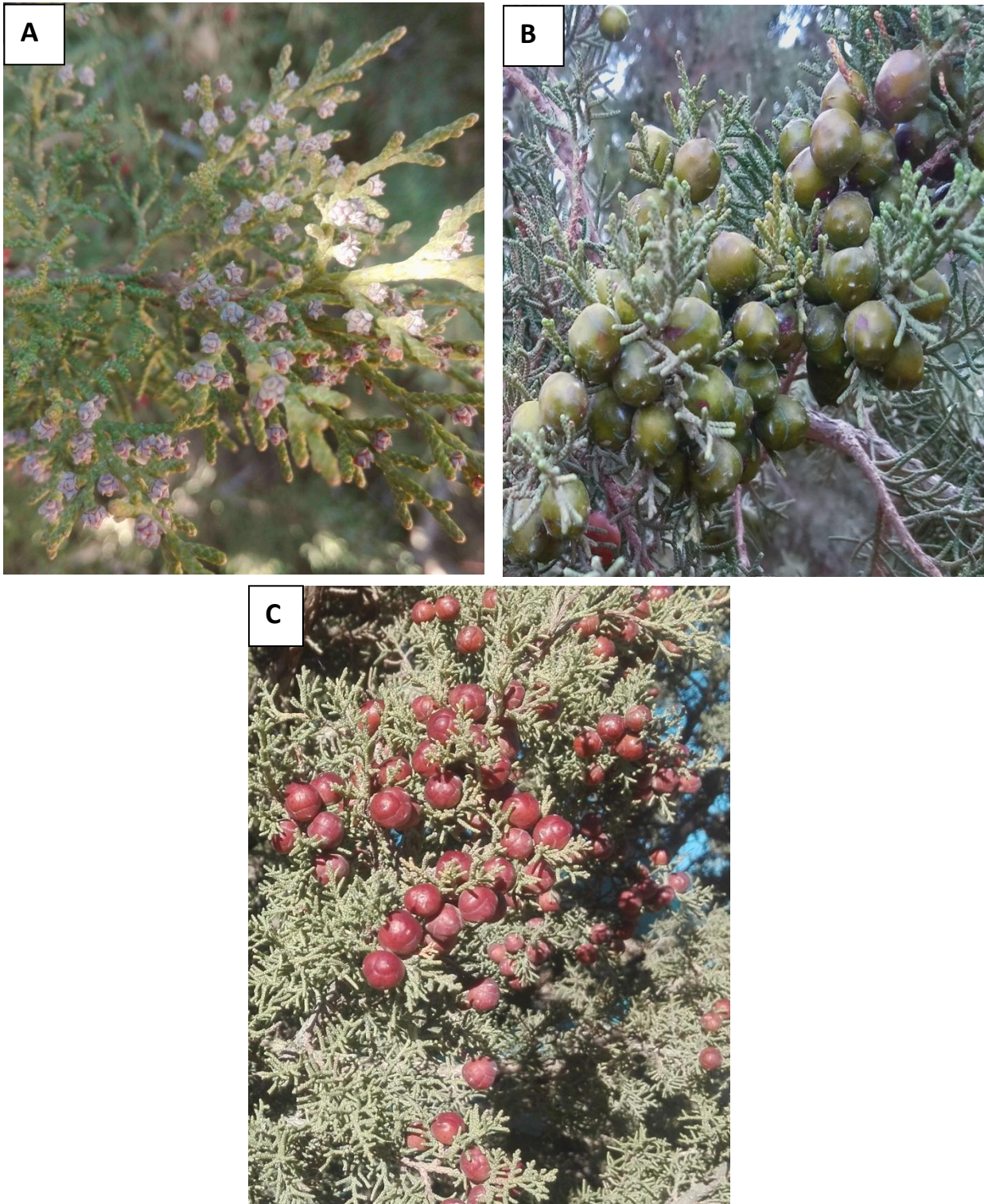


Figure 3 : Stades de développement du cône de Genévrier rouge

(photos. Benabderrahmane A. 2021)

Légende : **A :** Chaton femelle fécondée, **B :** Galbule de la première année, **C :** Galbule brun roux mature.

5. Aire de répartition

5.1. Historique

Les conversions de paysage au cours des ères géologiques du Miocène, du Pliocène et du Pléistocène ont eu un sérieux effet sur la diversité du biote méditerranéen, le statut taxonomique actuel et la distribution géographique (Thompson, 2005).

Dès l'Oligocène, avant environ 30-35 Millions d'années, le *J. phoenicea* s.l. a divergé (Mao *et al.*, 2010) éventuellement rassemblé avec une espèce de la famille des Cupressaceae connectée à des régions arides et/ou semi-arides (Postigo *et al.*, 2009). En effet, la Crise de Salinité Messinienne (CSM) a engendré une jonction entre les plaques continentales de l'Europe et de l'Afrique (Krijgsman *et al.*, 1999 ; Jaromilo *et al.*, 2010 ; Schneck *et al.*, 2010). Cette jonction a concordé avec un climat très sec et a servi de voie intercontinentale entre les deux côtés de la méditerranée (Krijgsman *et al.*, 1999 ; Thompson, 2005 ; Habel *et al.*, 2009 ; Schneck *et al.*, 2010), favorisant ainsi l'évolution de plantes moins gourmandes en eau (Axelrod, 1975 ; Palamarev, 1989 ; Van Andel, 2002 ; Stockey *et al.*, 2005 ; Thompson, 2005). Le développement de la végétation de type méditerranéen est lié au mouvement des plaques continentales (Meulenkaamp et Sissingh, 2003 ; Popov *et al.*, 2006 ; Carminati *et al.*, 2009) et à la disparition de la Téthys (Ivanov *et al.*, 2011).

Le bassin méditerranéen constitue non seulement un refuge du Pléistocène, mais encore un carrefour de migrations végétales et un centre de spéciation active (Thompson, 2005 ; Terrab *et al.*, 2007, 2008 ; Habel *et al.*, 2009). Des événements tels que les effets fondateurs et les invasions, suivies par la suite d'éventuelles réductions drastiques de la population pendant des périodes défavorables ou d'événements catastrophiques (Canals *et al.*, 2000 ; Carracedo *et al.*, 1999), en combinaison avec la sélection et l'adaptation aux environnements locaux, ont renforcé la différenciation entre les populations des différentes îles et du continent (Whittaker et Fernandez, 2007).

Actuellement, la présence de *J. phoenicea* s.l. est détectée à l'intérieur ou autour des refuges pléistocènes des flores tertiaires (Weiss et Farrand, 2007 ; Médail et Diadema, 2009 ; Tzedakis, 2009), ce qui fait penser la possibilité d'une survie des espèces pendant les périodes glaciaires du Pléistocène dans les mêmes lieux ou à proximité. Nonobstant, des découvertes macroscopiques faites dans le sud-est de l'Espagne confirment la présence de l'espèce au cours du Maximum Glaciaire Tardif (Uzquiano et Arnaz, 1997). De même, des périodes arides et chaudes sont apparues comme étant le long de la côte méditerranéenne et du plateau de la péninsule ibérique, même au cours du Maximum Glaciaire Tardif (Carrion, 2002 ; Leroy

et Arpe, 2007 ; Van Andel, 2002) et probablement aussi pendant tout le Pléistocène (Fady et Conord, 2010).

Un comportement positif des genévriers aux périodes arides de la fin du Pléistocène et de l'Holocène, a été signalé dans la péninsule ibérique, ainsi, dans la même région. Les genévriers ont été supprimés par les espèces exigeant d'humidité du sol pendant les périodes plus humides (Carrion *et al.*, 2004 ; Uzquiano et Arnaz, 1997). Mazur *et al.*, (2018) ont suggéré, en prenant en compte de ces événements géologiques et des résultats des études génétiques et biochimiques sur la diversité et la différenciation du complexe *Juniperus phoenicea*, la possibilité de deux centres principaux d'évolution, d'où elle a ensuite migré à travers l'Europe méditerranéenne et l'Afrique du nord, atteignant à l'est jusqu'à l'Anatolie, le Sinaï et la péninsule arabique. Les deux ont été décrits dans la péninsule ibérique (Lebreton et Rivera, 1989) et sont liés à *Juniperus phoenicea* s.s. et *Juniperus turbinata*.

En ce qui concerne les îles Canaries, les résultats du séquençage de l'ADN (nrDNA et petN-psbM (Adams *et al.*, 2013), indiquent que *Juniperus turbinata* provient de la côte atlantique de la péninsule ibérique comme source de colonisation de l'archipel, qui aurait pris naissance sur les îles les plus anciennes (Fernandez *et al.*, 2011). En outre, la région macaronésienne abrite les populations marginales de *Juniperus phoenicea* s.l., qui pourraient présenter un niveau de diversité génétique plus faible mais une plus grande différenciation que celles des parties centrales des aires de répartition géographique de l'espèce (Aparicio *et al.*, 2012).

5.2. Répartition de *Juniperus phoenicea* dans le monde

La répartition géographique d'une espèce est limitée par des variables abiotiques, principalement climatiques (Guisan et Zimmermann, 2000 ; Pulliam, 2000 ; Walas *et al.*, 2019), par des interactions biotiques (Sexton *et al.*, 2009 ; Wisz *et al.*, 2013) et par la capacité de dispersion des graines (Soberón et Peterson, 2005 ; Svenning et Skov, 2007). Malgré les nombreuses études réalisées sur ces genévriers, les répartitions géographiques des taxons du groupe *Juniperus phoenicea* s.l. restent floues en raison des difficultés d'identification sur le terrain, de l'hétérogénéité des traitements taxonomiques ainsi que par la répétition des citations erronées contenues dans diverses flores ou index de référence (Mazur *et al.*, 2018). Selon la définition de Takhtajan (1986), le genévrier de Phénicie est un complexe d'espèces originaire des régions méditerranéennes et macaronésiennes. Son étendue géographique couvre l'ensemble de bassin méditerranéen : Albanie, Algérie, Andorre, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Chypre, Égypte (Sinaï : dans les anticlinaux de Halal, Maghara et Yi'allaq

(Moustafa *et al.*, 2014), Espagne, France (sud de la France), Grèce, Italie (nord de l'Italie), Jordanie, Liban, Libye (Al Akhdar mountain region), Maroc, Portugal, Roumanie, Tunisie, Turquie et Arabie Saoudite (le long de la mer rouge). Les montagnes de la péninsule arabique dans le sud-ouest de l'Asie est sa limite méridionale de répartition. Il est également présent en Macaronésie (Îles Canaries et archipel de Madère).

L'essentiel de la zone couvre la partie occidentale de la méditerranée, principalement la péninsule ibérique et le nord-ouest de l'Afrique (Jalas et Suominen, 1973 ; Quezel et Pesson, 1980 ; Quezel et Barbero, 1981 ; Browicz et Zielinski, 1982 ; Kerfoot et Lavranos, 1984 ; Greuter *et al.*, 1984 ; Amaral Franco, 1986 ; Christensen, 1997 ; Charco, 2001 ; Farjon, 2005), principalement dans l'Ibéro-morocaine, la Macaronésie, la Macaronésienne, la Korsardynienne et l'Appéninienne (Comes, 2004). Mathaux *et al.* (2015) ont signalé que le *J. phoenicea* subsp. *turbinata* pousse dans les zones côtières et maritimes tandis que le *J. phoenicea* subsp. *phoenicea* se trouve dans les paysages de l'arrière-pays jusqu'à 2500 m d'altitude, comme les pentes des montagnes de l'Atlas. De plus, Mazur *et al.* (2016) ont déclaré que le *Juniperus phoenicea* s.s. est présent dans des localités sub-montagnardes et montagneuses, dans la péninsule ibérique, le sud de la France et le nord-ouest de l'Italie, tandis que le *J. turbinata* est présent dans les régions côtières autour de la mer méditerranée et dans les montagnes du nord-ouest de l'Afrique. Le *J. canariensis* peut être dans les îles Canaries, à l'exception de Lanzarote et Fuerteventura, et à Madère (Adams, 2014 ; Fernandez *et al.*, 2008 ; Otto *et al.*, 2012) et à Porto Santo (Press et Short, 2001).

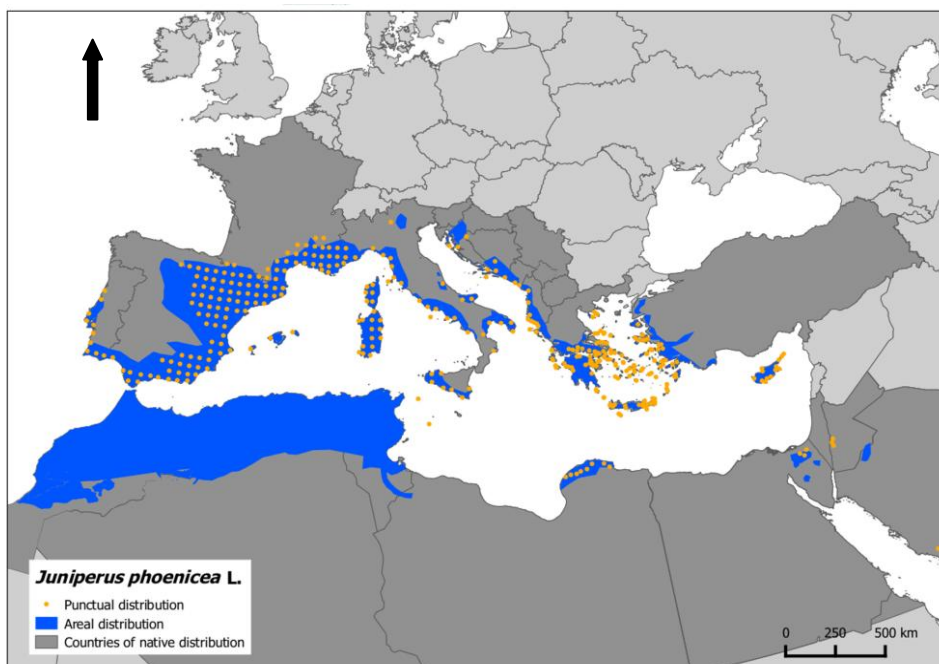


Figure 4 : Aire de répartition du *Juniperus phoenicea* L. (Fady et Conord, 2010).

5.3. Répartition du genévrier rouge en Algérie

J. phoenicea L. est l'espèce la plus fortement ré pondue parmi les genévriers de l'Afrique du nord, elle se distribue depuis les dunes du littorale jusqu'aux limites sahariennes. Selon (Boudy, 1950), la surface occupée par le genévrier de Phénicie en Afrique du nord s'élève à 450 000 hectares, dont 290 000 en Algérie, 80 000 en Tunisie et 152 000 au Maroc. Alors que, Kadik (1987) et Louni (1994) estiment que la surface occupée par le genévrier de Phénicie en Algérie est de 227 000 hectares, représentant ainsi 10 % de la superficie totale boisée en Algérie; Il constituait de grandes superficie dans les Aures et l'atlas saharien central particulièrement Djelfa et Boussada, (Boudy 1950 ; Louni 1994) (Figure 05).

En Algérie, de nombreuses études ont été effectuées sur le genévrier rouge. Elles ont porté essentiellement, sur la composition des huiles essentielles, les mono-terpènes, les propriétés anti-oxydantes des aiguilles et des galbules (Menaceur *et al.*, 2013 ; Bouyahyaou *et al.*, 2016 ; Ghouti *et al.*, 2018) et l'effet antibactérien et antifongique des extraits de certains organes végétatifs (Ramdani *et al.*, 2013). Toutefois, les recherches concernant la répartition géographique et les études taxonomiques de *J. phoenicea* sont inexistantes, à part quelques études, tels que les travaux de Arar *et al.* (2020) sur la répartition géographique de *Juniperus phoenicea* en Algérie.

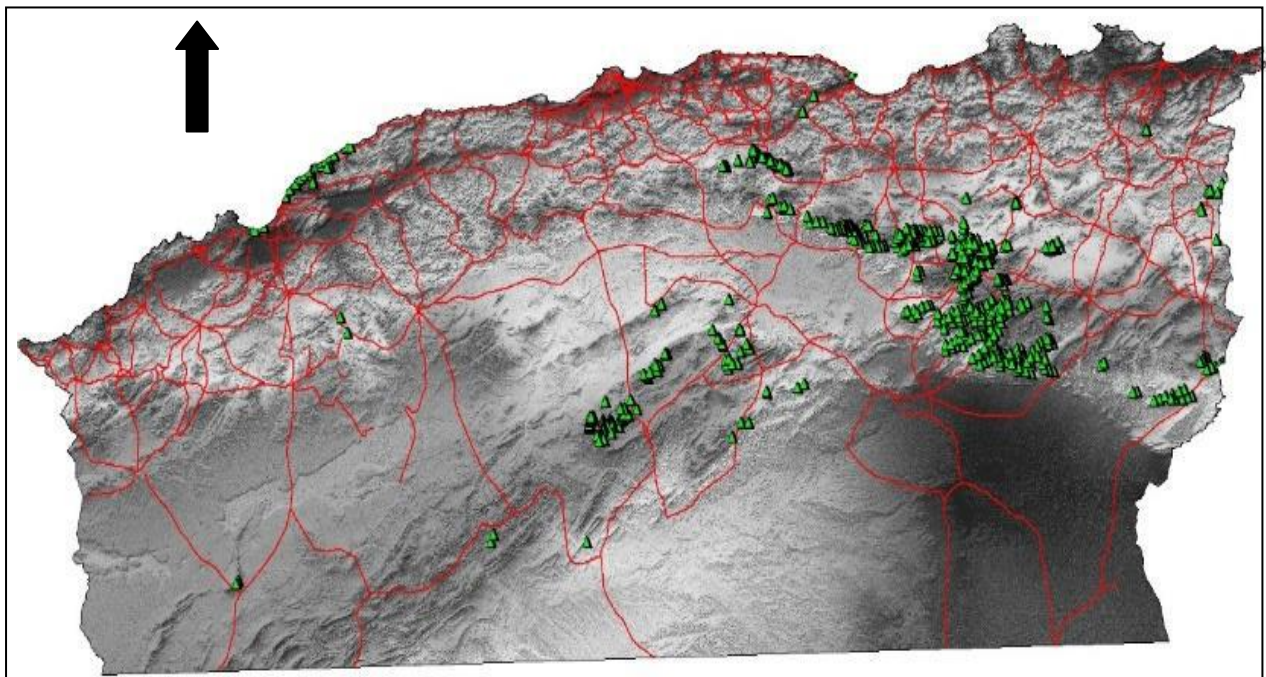


Figure 5 : Aire de répartition de *Juniperus phoenicea* en Algérie (Arar, 2020).

6. Caractéristiques écologiques de *Juniperus phoenicea*

6.1. Conditions climatiques et caractères édaphiques

Juniperus phoenicea est présent dans une variété d'habitats ouverts, à des altitudes différentes, et il prospère dans une large gamme de types de sols (Boudy, 1955). Il pousse dans différents types de forêts méditerranéennes et peut parfois former des peuplements purs (Adams, 2006). On le trouve également dans des habitats tels que la garrigue, le maquis, et les forêts de microphylls à feuilles persistantes qui poussent sur des sols secs et pierreux, ainsi que sur des affleurements calcaires ou des dunes de sable.

Juniperus phoenicea L. est essentiellement xérophile, héliophile et thermophile (Rameau *et al.*, 2008). De toutes les essences forestières, c'est elle qui résiste le mieux à l'aridité (dunes, montagnes du sud.). Il est d'une rusticité et d'une vigueur physiologique remarquables (Boudy, 1955). Il se comporte souvent en espèce pionnière dans les stades dégradés des forêts de *Quercus ilex* (Rol et Jacamon, 1968). On peut également observer cette espèce dans des milieux où il ne subit aucune compétition, tels que les parois rocheuses calcaires et les dunes maritimes (Maindin, 2005). En altitude, sa limite inférieure est le littoral et sa limite supérieure est 2400 m au Maroc (Boudy, 1955) et de 1800 m en Espagne (Adams, 2006). Sa distribution est sous la domination du facteur climatique. Il se contente, en montagne sèche, de 250 mm d'eau, mais en Tunisie et sur le littoral, il s'accommode de hauteurs pluviométriques plus élevées. Selon Boudy (1955) Il relève de l'étage semi-aride. Salvà-Catarineu *et al.* (2021), ont révélé que la niche de *J. phoenicea* ss est principalement influencée par les facteurs climatiques. Environ 24 % de la zone de distribution géographique actuelle est attribuée à des facteurs de température, tandis que plus de 75 % est expliqué par les facteurs de précipitations. Néanmoins, les facteurs climatiques liés aux précipitations exercent une influence prépondérante sur environ 55 % de la niche potentielle de *J. turbinata*, alors que les facteurs liés à la température influencent plus de 45 % de ces limites potentielles. En ce qui concerne *J. canariensis*, les facteurs bioclimatiques associés aux précipitations déterminent plus de 70 % de sa niche potentielle.

Peu importe la nature du sol, qu'il soit généralement rocheux ou squelettique, *J. phoenicea* peut prospérer dans divers environnements, que ce soit dans les crevasses de la roche mère, sur les sables des dunes ou même sur des sols calcaires extrêmement secs. En 2012, Abu-Darwish et Ofi ont noté que *Juniperus phoenicea* peut croître dans des sols présentant un pH modérément basique, se situant entre 7,7 et 7,9. Le climat auquel il est adapté est de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs.

En Afrique du Nord, bien que *J. phoenicea* s'étende sur une vaste gamme de terrains, allant des côtes thermophiles aux montagnes continentales plutôt froides et steppiques, il ne franchit pas les limites du domaine saharien (Ozenda, 2004). Ses caractéristiques notables, notamment ses besoins élevés en lumière, son caractère pionnier, sa remarquable capacité d'adaptation à l'environnement, ainsi que l'ornitochorologie, favorisent une colonisation rapide de nouveaux terrains. Parallèlement, la longévité relativement élevée de cette espèce, en particulier chez les individus poussant dans des conditions difficiles, a contribué à sa persistance dans certaines localités, même en l'absence de conditions environnementales optimales. De plus, la présence de champignons mycorhiziens à arbuscules, courante dans les habitats arides et semi-arides, a pu faciliter sa survie. (Mandin, 2005 ; Mathaux *et al.*, 2016 ; Sanguin *et al.*, 2016).

Dans la partie orientale de son aire de répartition, il quitte le domaine méditerranéen pour se retrouver dans les régions irano-touraniennes ou saharo-arabes sensu (Danin et Plitmann, 1987), comme en Egypte (Sinaï), dans le centre de la Jordanie et évidemment en Arabie Saoudite. En Europe méditerranéenne, ce taxon se rencontre sur les régions côtières avec une nette préférence pour les écosystèmes de dunes fixes, mais aussi les garrigues des côtes rocheuses (Molinier, 1954, 1981 ; Molinier et Tallon, 1970 ; Rivas-Martínez *et al.*, 1980 ; Gamisans et Murracchiole, 1984 ; Paradis, 1993 ; Gamisans, 1999). Aux Baléares et dans les îles Tyrrhéniennes, son amplitude écologique semble assez importante (Rivas-Martínez *et al.*, 1992 ; Gianguzzi *et al.* 2012 ; Minisale et Sciandrello, 2013). Tandis que, dans le sud de l'Espagne il pénètre à l'intérieur des terres, en particulier sur le substrat gypseux (Cabezudo, 2011).

Enfin, dans les secteurs plus arides du reste de la Méditerranée (Afrique, Moyen-Orient, etc.), il se retrouve souvent dans les montagnes où l'aridité semble être compensée soit par sa situation en bordure d'oueds et de thalwegs d'oueds comme en Jordanie, soit par des températures plus basses (Mazur *et al.*, 2016).

6.2. Tempérament et régénération

Juniperus phoenicea a un tempérament robuste lui permettant de végéter dans conditions très sévères et de supporter de graves mutilations. Il résiste moins bien aux incendies que le Thuya et le chêne vert, car il ne rejette guère (Boudy, 1955). Sa régénération s'effectue partiellement par rejets, mais surtout par semis naturels. Les graines germent difficilement et restent longtemps dans le sol. Pour assurer la régénération par semis, il faudra une longue période, 20 à 25 ans au moins (Boudy, 1955).

L'endozoochorie est un mode de dissémination où les frugivores mangent les fruits dont les graines sont en partie expulsées intactes dans les excréments et demeurent viables et gardent leurs pouvoir germinatif (Pijl, 1982 ; Jordano et Herrera, 1981 ; Breytenbach et Skinner, 1982 ; Herrera, 1982 ; Jordano, 1982 ; Janzen, 1983 ; Charles-Dominique, 1995). Le frugivore assure la dissémination de ces graines dans un rayon de quelques dizaines à quelques centaines de mètres, ce qui est suffisant pour trouver des biotopes adéquats à la germination et au développement des plantules, à l'écart du pied mère (Genard et Lescourret, 1985). La capacité des graines à germer après ingestion par les frugivores est importante pour la dynamique des populations de certaines espèces végétales et significative pour l'évolution des interactions plantes-frugivores (Traveset, 1998).

Plusieurs études ont contribué à l'hypothèse que la frugivorie est le principal moyen de dispersion de tous les espèces du genre *Juniperus* (Salomonson, 1978 ; Chavez-Ramirez et Slack, 1994 ; Santos *et al.*, 1999 ; García *et al.*, 2001 ; Verdú et García-Fayos, 2003 ; Rodríguez-Pérez, 2005 ; Rumeu *et al.*, 2009 ; Adams et Thornburg, 2010 ; Rumeu *et al.*, 2011 ; Suárez-Esteban *et al.*, 2013 ; Dimitri, 2015 ; Dimitri *et al.*, 2017 ; Stricklan, 2019 ; Stricklan *et al.*, 2020).

6.3. Peuplement de Genévrier

J. phoenicea ne forme jamais de peuplements (ou juniperaies) denses. Il ya deux types de juniperaies : celles des dunes littorales et celles de montagne. Les peuplements du premier type ont rarement plus de 6m ; leur végétation est bonne et leurs régénération naturelle est suffisante s'ils sont protégés. Ceux du second type ou de montagne, sont claires et ont rarement plus de 8m de hauteur, ils sont très mutilés par les populations montagnardes qui en tirent les perches nécessaires à leurs habitations, y exercent un pâturage effréné et écient les tiges en hiver pour nourrir leurs troupeaux ; le sol est sans sous-bois et décharné, ce qui rend la régénération impossible (Boudy, 1955). Ces juniperaies sont, surtout aux approches du désert, dans un état de régression avancé. La moyenne des sujets n'a guère que 0,30 m de diamètre et 150 ans d'âge ; la densité ne dépasse pas 100 pieds à l'hectare et tombe à 60-70 en haute montagne (Boudy, 1955).

6.4. Association du Genévrier

L'association du Genévrier est éminemment xérophyle, continentale et plus résistante au froid que celles du Pin d'Alep et du Thuya, auxquelles elle se substitue quand le climat devient plus rude (Boudy, 1955). L'association est différente selon les secteurs, sur le versant

atlantique du Maroc, les juniperaies rappellent les callitraies ; sur les versants sud du Grand et moyen Atlas, elles sont envahies par les espèces des territoires arides voisins, telles que l'Alfa. Le sous bois est toujours maigre et souvent inexistant.

Sur les dunes côtières stables, le *J. phoenicea* forme des broussailles et des fourrés avec des espèces sclérophylles (Farjon et Filer, 2013), il se développe en formation de broussailles avec le *J. oxycedrus ssp. Macrocarpa* et aussi avec *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Cistus spp*, ...etc. Il forme des groupements végétaux appartenant à l'ordre Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni. Il forme des associations aux pins côtiers (*Pinus pinea*, *Pinus pinaster*, *Pinus brutia* et *Pinus halepensis*) le plus souvent dans les plantations mais aussi dans les habitats naturels (Abu-Darwish *et al.*, 2014).

Les peuplements montagneux dans les climats plus continentaux, poussent sur les pentes sud avec d'autres espèces chasmophytes. Les formations végétales de *juniperus phoenicea* peuvent être pionnière c.-à-d. le premier stade de recolonisation des successions après perturbation, évoluant vers les forêts de chênes sclérophylles (*Quercus ilex*, *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia*, *Quercus coccifera*) dans les climats méso-méditerranéens, ou vers la forêt thermophile à feuilles persistantes (*Olea europaea*, *Ceratonion siliqua*, *Pistacia lentiscus*) dans les climats thermo-méditerranéens (Quezel, 2004 ; Calaciura et Spinelli, 2008).

En Italie, Gianguzzi *et al.* (2015) ont rapporté que le *Juniperus phoenicea* forme des groupements végétaux appartenant aux quatre alliances différentes de l'ordre *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni* : *Periplocion angustifoliae*, *Juniperion turbinata*, *sylvestris-Ceratonion siliquae* et *Ericion arboreae*.

Dans la région méditerranéenne, Asensis *et al* (2007) ont distingué deux ordres de la classe *Quercetea ilicis* : *Ephedro-Juniperetalia* et *Pistacio-Rhamnet-alia*, 8 alliances et 35 associations. *Ephedro-Juniperion turbinatae*, *Junipero africanae-Quercion rotundifoliae* et *Tetraclinido-Pistacion atlanticae* de l'atlas marocain et des montagnes du Rif, *Asparago albi-Rhamnion oleoidis* de la péninsule ibérique et des territoires tingitans ; *Juniperion turbinatae* pousse dans des écosystèmes littoraux psammophiles ; *Arbutio pavarii-Rhamnion lybici* endémique de Cyrénaïque et enfin deux alliances géovicariantes *Oleo-Ceratonion* et *Rhamno graecae-Ceratonion siliquae* respectivement répandues dans les bassins occidental et oriental de la méditerranée.

7. Ravageurs de *Juniperus phoenicea*

De nombreux arthropodes (coléoptères, les acariens, les diptères, les hémiptères, les lépidoptères, et d'autres) se nourrissent de la pulpe ou des graines des galbules de différentes espèces de genévriers (El Fels *et al.*, 2013 ; Traveset et Sans, 1994 ; Moraiti *et al.*, 2019). Ces arthropodes sont classés en tant que "sténocoenobiontes" lorsqu'une partie ou l'ensemble de leur cycle de vie est étroitement lié aux cônes des conifères.

L'impact des ravageurs est en effet plus limité chez *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* par rapport à *J. thurifera*, probablement en raison du nombre moyen initial plus élevé de graines par galbule (El Fels *et al.*, 2013) et de facteurs climatiques. *J. oxycedrus* L. et *J. phoenicea* L. sont caractéristiques de l'étage de végétation méditerranéen, très différent de celui de *J. thurifera* L., une espèce répartie dans l'étage supraméditerranéen (Roques *et al.*, 1984).

Selon Roques *et al.* (1984), les préférences écologiques et la répartition géographique des diverses espèces de genévriers donnent lieu à la formation de communautés distinctes d'arthropodes. Parallèlement, l'impact de ces arthropodes qualifiés de "ravageurs" semble entraver la régénération des populations de genévriers. Par conséquent, on peut observer que les genévriers servent de "plantes hôtes" plus ou moins spécifiques, voire de "plantes préférentielles," pour différentes espèces d'acariens (ex: *Trisetacus quadrisetus*), lépidoptères (ex. *Archips oporana*, *Argyresthia* spp., *Chionodes electella*, *Cydia duplicana*, *Dichomeris marginella*, *Lobesia reliquana*, *Sesia cephiiformis*, *Pammene oxycedrana*), diptères (ex. *Arceuthomyia valerii*, *Oligotrophus* spp, *Schmidtiella gemmarum*), des hyménoptères (ex. *Megastigmus amicorum*) ou des coléoptères (ex. *Auletes tubicen*, *Nanodiscus transversus*, *Pachyrhinus lethierryi*, *Phloeosinasites* spp.).

Chapitre II
Monographie de la zone d'étude

1. Caractères généraux de la zone d'étude

1.1. Situation géographique

La zone d'étude, qui fait partie des monts de Ouled Naïl et qui constituent la fraction centrale de l'Atlas saharien, est située dans la wilaya de Djelfa. Les limites de cette zone englobent les cinq (05) principaux massifs des monts des Ouled Naïl (figure 6), c'est-à-dire, les massifs remarquables et boisés du Senalba Chergui (1489m), Senalba Gharbi (1613m), Sahary Guebli (1211m), Sahary Dahri (1211m) et Djebbel Djellal chergui (1 478m) sur une superficie de 123.189 ha (Tableau 2). La limite sud est formée par le Djebel Djellal Gharbi (1 478m).

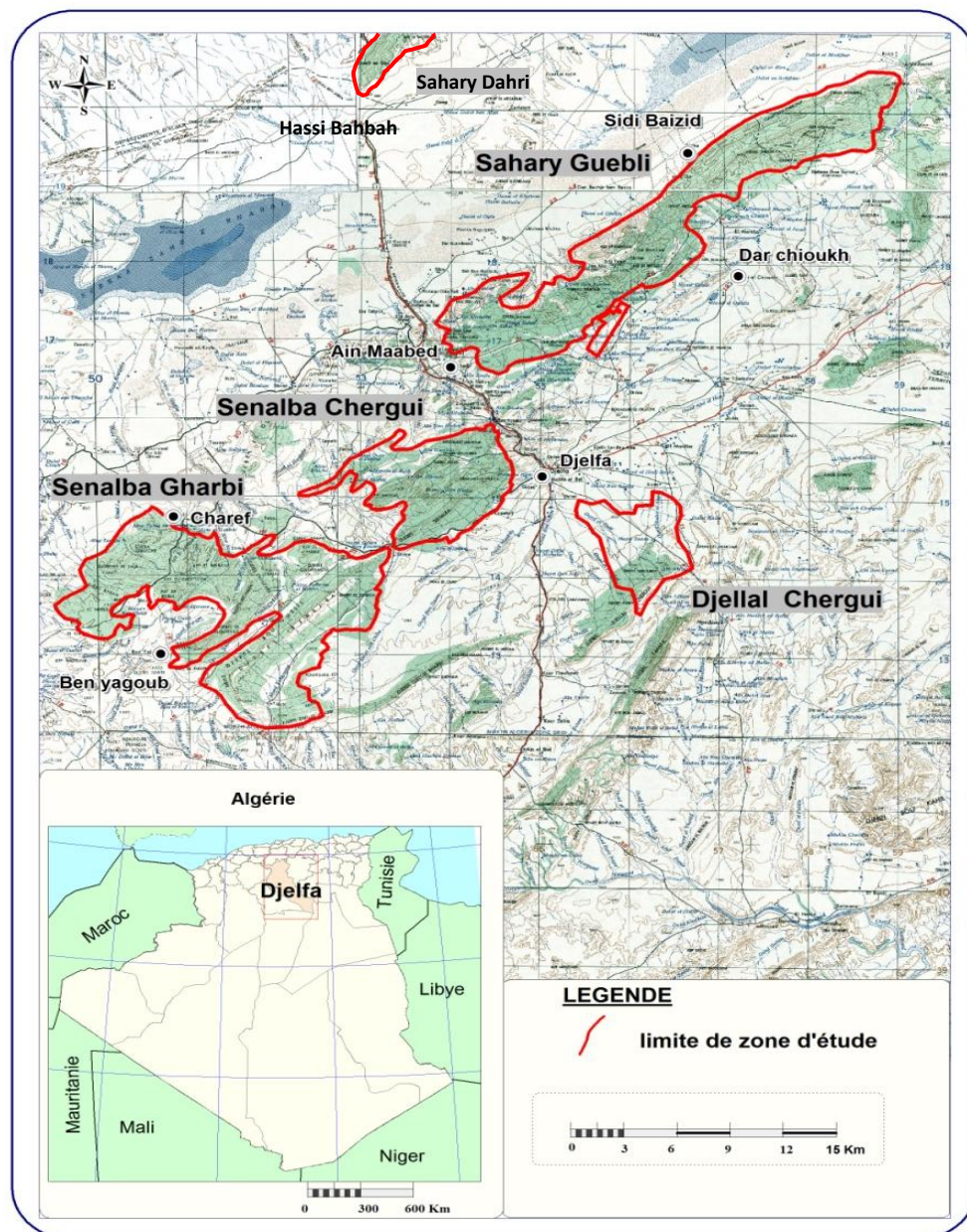


Figure 6 : Situation des massifs de la zone d'étude

Tableau 2 : Occupation du sol des cinq massifs étudiés (DGF, 2022).

	Superficie (ha)	Forêt naturelle (ha)	Reboisement (ha)
Senalba Chergui	19.833	8641,68	912,32
Senalba Gharbi	42.339	15706,8	2559,4
Sahary Guebli	31.866	14.028.66	1.802,10
Sahary Dahri	29.151	24.151	5000
Djellal Chergui	7.374	1374	6000

1.2. Géologie

La présentation géologique de notre zone d'étude est basée sur l'interprétation de la carte géologique de l'Algérie au 1/500 000 d'après Bétier et cornet, 1951, (2^{ème} édition).

Notre zone d'étude appartient au domaine de l'Atlas saharien central qui est une chaîne de montagne intracratonique constituée d'un matériel de nature continentale plissé au cours des phases orogéniques tertiaires. Il est caractérisé également par une « alternance de roches dures à tendres : calcaires plus ou moins dolomitiques et grès, alternance grès parfois calcaires argiles, marnes et marno-calcaires » (Pouget, 1980).

La figure 7 montre que l'ensemble des massifs considérés date pour la plupart du Crétacé, c'est-à-dire de la fin de l'Ère Secondaire (100 millions d'années environ). L'enlèvement le plus important survenu au cours de cette Ère est le long affaissement de la plaine post- Hercynienne, caractérisé actuellement par différents calcaires alternant avec des marnes, constituant les monts de Ouled Naïl (B. N. E. F., 1983).

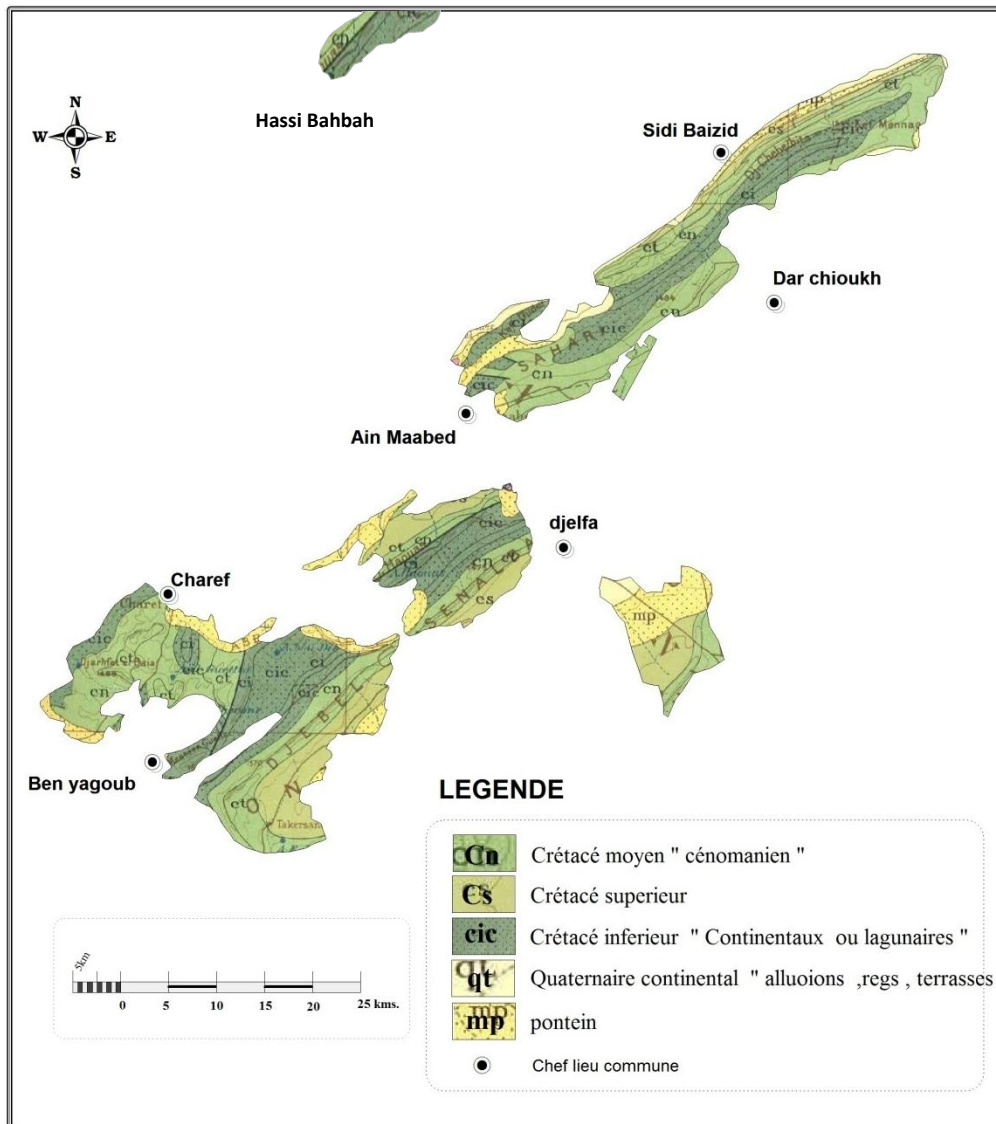


Figure 7 : Carte géologique de la zone d'étude (Extrait de la carte de Bétier et Cornet, 1951)

1.3. Stratigraphie:

a) **Le crétacé :** c'est le mieux représenté dans notre zone d'étude, il est caractérisé par :

- **Le crétacé inférieur (Ci),** qui présente des faciès très diversifiés, formés par des roches calcaires tendres, des séries gréseuses, des séries de calcaires de l'Aptien, des séries gréseuses de l'Albien, etc. Dans notre zone d'étude, on le retrouve au niveau de Djebel Sahari et Djebel Senalba. De plus, on rencontre également des faciès plus détritiques notamment les grès du crétacé inférieur continental (CiC) qui présentent des épaisseurs très variables, qui se situent sur toute la partie de notre zone d'étude citons : Djebel Sahari, Djebel Senalba et Djebel Djellal Chergui ;
- **Le crétacé moyen ou lagunaire (Cm, Cn, Ct), divisé éventuellement en Turonien et cénomaniens.**

1. Le turonien : est entièrement marin dans tout l'Atlas saharien, il est essentiellement calcaire ; son épaisseur diminue d'Est en Ouest, il forme les falaises des chaînons ; on y trouve du calcaire à débris et des calcaires marneux.

Il occupe, dans notre zone d'étude, la partie Nord à savoir Djebel Sahari, ainsi que le synclinal de Djelfa à savoir Djebel Senalba, Djebel Djellal Gharbi et Djebel Djellal Chergui ;

2. Le cénomanien : les dépôts de cet étage comprennent surtout des marnes dans lesquelles s'intercalent les bancs de calcaires variés avec parfois des bancs de gypse qui montrent le caractère lagunaire et peu profond de la mer dont ils dérivent. Ils forment une ceinture autour de la chaîne de Senalba, de Djellal Gharbi et Chergui ainsi de Djebel Sahari.

➤ **Le crétacé supérieur (Cs)**, est formé par l'alternance d'une série à dominance de marnes et marno-calcaires avec des alternances décimétriques à métriques de calcaire dur. Il se situe dans le synclinal de notre zone d'étude ainsi qu'au Nord, au niveau de Sahari Guebli.

b). Le Néocène : représenté dans notre zone d'étude par le tertiaire continental (Néocène supérieur et pliocène : mp) constitué d'argiles sableuses rouges à ocres venus combler les dépressions dans les hautes plaines et l'Atlas saharien, après les grands mouvements orogéniques du milieu du tertiaire et la surrection de l'Atlas (Pouget, 1980).

Au niveau, de notre zone d'étude, il borde le Djebel Sahary ainsi que Djebel Senalba et Djebel Djellal Gharbi, on le rencontre également dans la partie Sud.

c). Le quartenaire continental (qt) : représenté par les alluvions anciennes qui sont formées de couches sableuses grisâtres ou blanchâtres ; on rencontre également des ergs et des terrasses. On les retrouve dans notre zone d'étude, au niveau de Sahary Guebli, plus précisément à Dar Guendous et dans la partie sud jusqu'à la limite administrative de Laghouat.

1.4. Altitude

La zone d'étude renferme une tranche altitudinale de 600 m ; l'altitude moyenne est de 1306 m ; elle varie entre 1000 à 1600 m . Le point culminant se trouve au sommet de Goutaya dans le massif de Senalba Gharbi a une altitude de 1613 m (Figure 8).

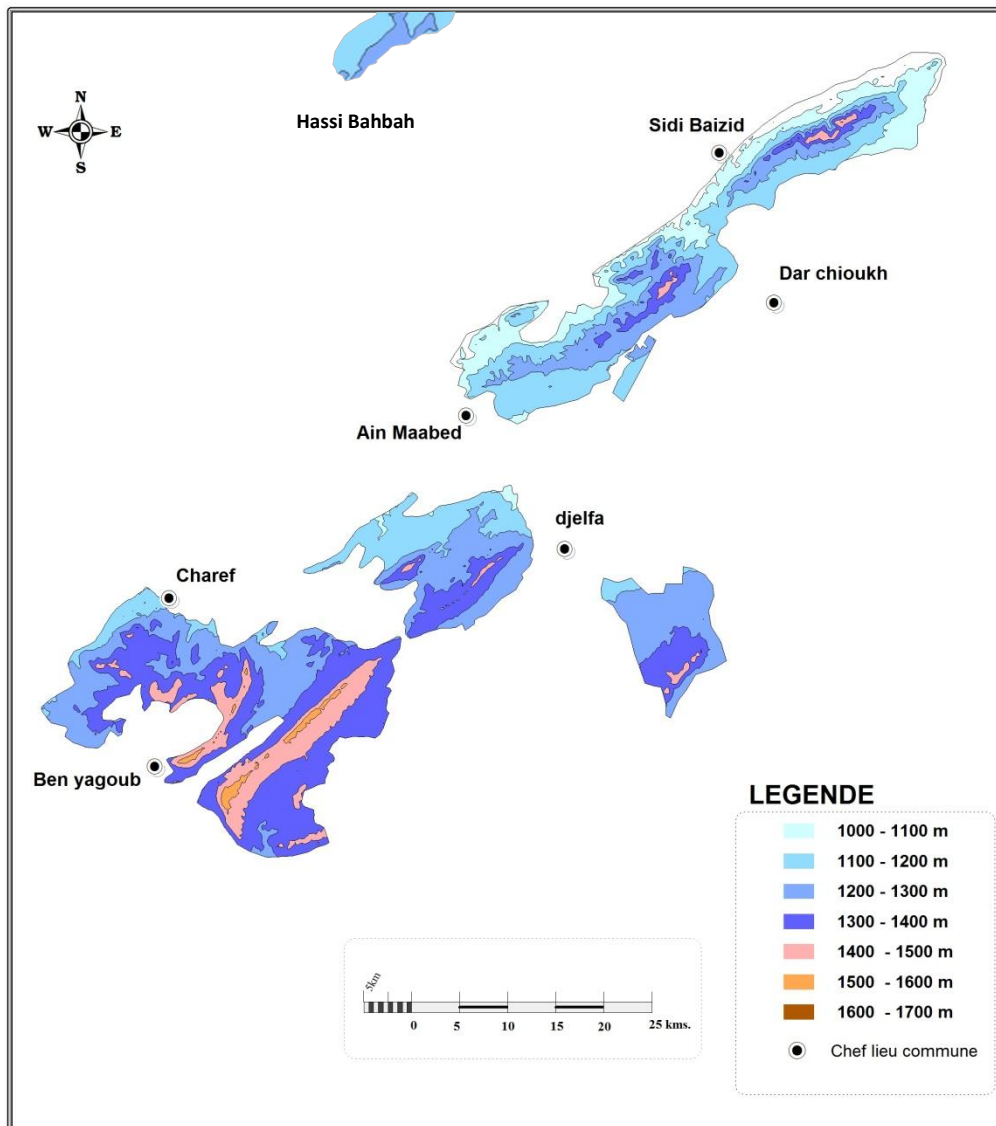


Figure 8 : Carte de répartition altimétrique de la zone d'étude (Benabderahmane A).

1.5. Pente

Les crêtes des Djebels descendent en pentes, douces au Sud, abruptes au Nord vers les hautes plaines. Selon la figure 9, les pentes relativement douces de 2.5-12.5% sur les bas de versants représentent plus de (80%) de la modélisation des reliefs et les pentes les plus accentuées de 12.5-50 % caractérisent les sommets et les lignes de crêtes de Djebels.

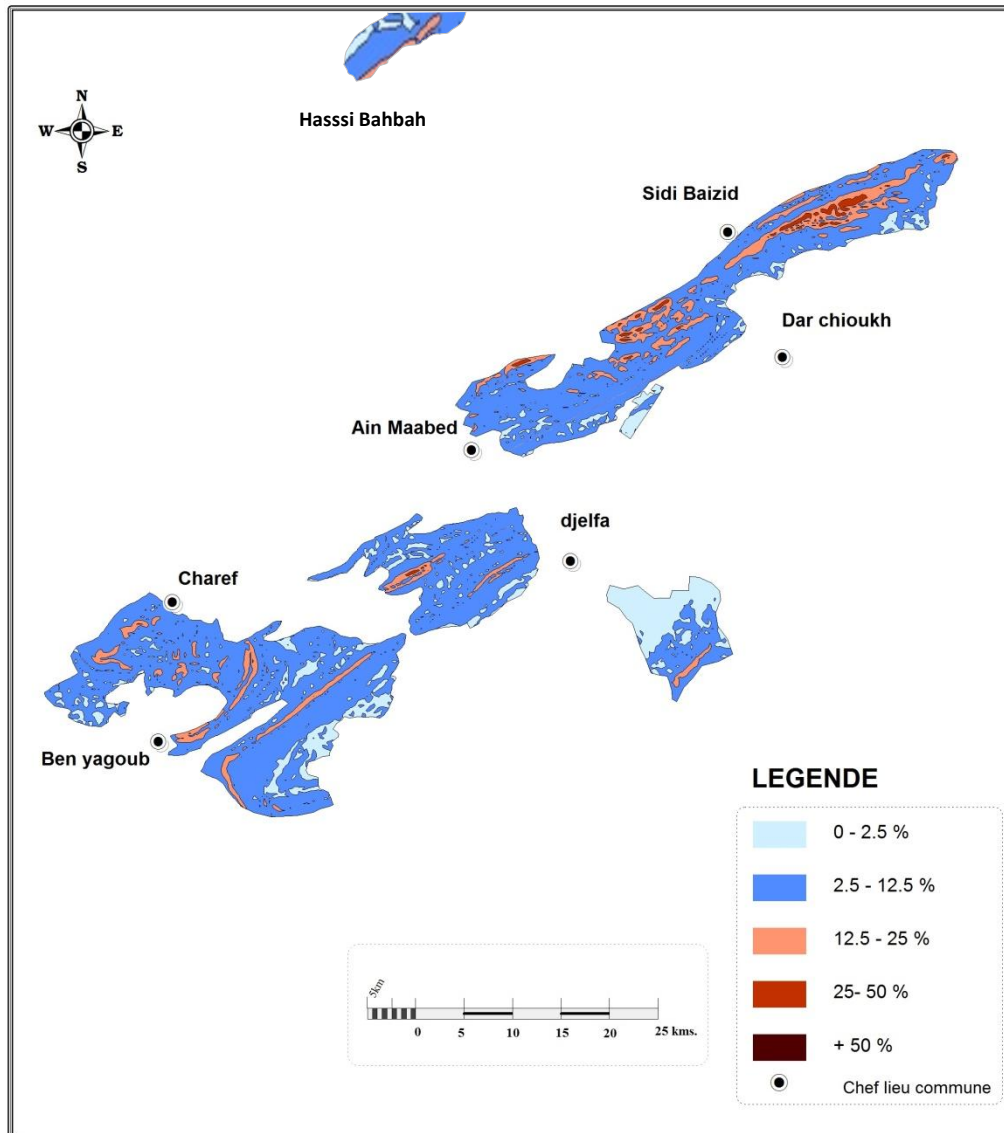


Figure 9 : Carte des pentes de la zone d'étude (Benabderrahmane A).

1.6. Exposition

Vu l'ondulation et la complexité des reliefs montagnards, les quatre principales expositions (Nord, Sud, Est et Ouest) sont bien représentées dans la zone d'étude avec la prédominance de l'adret (exposition Sud) et l'ubac (exposition Nord) à la faveur de l'orientation de chaînes Sud-Ouest /Nord Est (Figure 10).

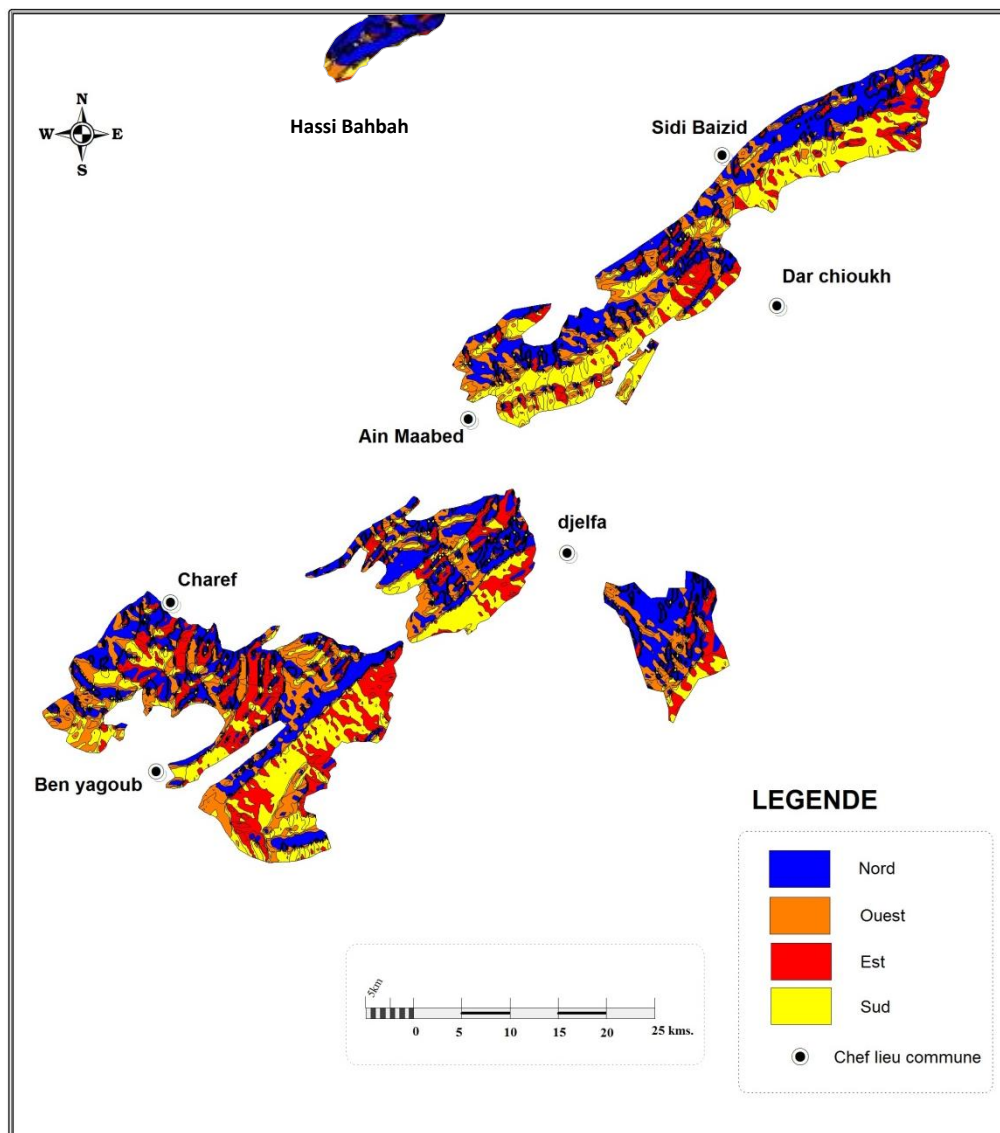


Figure 10: Carte des expositions de la zone d'étude (Benabderahmane A).

2. Pédologie

Les sols de la zone d'étude sont caractérisés par une hétérogénéité liée à la roche mère et la topographie. Pour en caractériser les différents types qui existent dans notre zone d'étude, nous nous sommes basés sur la classification établie par la commission de pédologie et de cartographie des sols (C.P.C.S) en France 1975, ainsi que la carte pédologique de Durand (1954) basée sur la classification française ; Selon cette dernière, nous retrouvons au niveau de notre zone d'étude des sols minéraux bruts ou sols très peu évolués et des sols calcimagnésiques. Toutefois, il est à signaler, que la majeure partie de notre zone d'étude, est occupée par des sols calcimagnésiques. Ces sols présentent tous des caractères variables en fonction du substrat rocheux, de la topographie ainsi que la végétation.

2.1. Les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués

Ils se caractérisent par une faible différenciation des horizons, donc une faible évolution pédologique, cela est due à plusieurs facteurs tels que : érosion intense, milieu lithologique peu altérable, mise en place récente par alluvionnement ou colluvionnement.

Parmi ces sols on distingue :

a)- Les lithosols sur calcaire compact et sur grès calcaire

Ces sols sont généralement à texture fine ; ils sont peu épais et discontinus, leur altération est très réduite, ils se développent sur les roches dures ; on les rencontre au niveau des Djebels et des affleurements rocheux.

b)- Les régosols sur marnes ou argiles

Correspondent en effet, aux affleurements de la roche mère ; la présence en surface d'un horizon (A) peu épais indique une simple désagrégation physique des marnes en polyèdres plus ou moins fin (Pouget, 1980). Ils se développent contrairement aux lithosols sur roches tendres, et ils se localisent au niveau des Oueds et les glacis de dénudation, on les rencontre au niveau des touffes d'Alfa ou d'autres plantes vivaces.

2.2. Les sols calcimagnésiques :

Ces sols occupent la majeure partie de notre zone d'étude, ils sont généralement saturés en calcium dès la surface, le profil est de types AC ou A (B) C. Nous pouvons les répartir en trois groupes : les rendzines, les sols bruns calcaires sans encroûtement, les sols bruns calcaires à encroûtement.

a)- Les rendzines :

Se localisent sur les montagnes boisées, les roches calcaires dures. Les forêts de pin d'Alep et les matorrals hauts les caractérisent. La couleur de ce type de sol est brun rougeâtre foncé à très foncé; leur texture est moyenne à fine et leur structure grumeleuse. Leur teneur en calcaire total est faible (inférieur à 10%) parfois nulle (Pouget, 1980).

b)- les sols bruns calcaires sans encroûtement :

Ces sols sont peu profonds. Leur couleur varie entre le brun et le jaune rougeâtre, ils ont une bonne teneur en matière organique et une teneur en calcaire généralement inférieur à 25%. Ils se répartissent sous les forêts de pin d'Alep et les matorrals arborés.

c)- Les sols bruns calcaires à encroûtement :

Ce sont des sols de glacis d'érosion et de dépression, ils occupent surtout les faciès de dégradation de la forêt tels que les groupements à Alfa, Armoise et à Sparte.

3. Végétation

L'étude réalisée par le Bureau National des Etudes Forestières (1983) a montré d'une part un pin d'Alep couvrant d'un seul tenant la plus grande partie des crêtes principales et le chêne vert qui accompagne le pin d'Alep est souvent à l'état secondaire ; d'autre part les faciès de dégradation occupent des surfaces moins importantes que la forêt. Le bois clairsemé comprend un sous-bois de genévriers oxycèdre et de Phénicie.

La végétation des massifs forestiers de Djelfa a fait l'objet de plusieurs études conduites particulièrement par Pouget (1977) ; Kadik (1984 ; 1990 ; 2002 ; 2005) et Djerrad (2016) qui résume les principales formations physionomiques comme suit :

3.1. Les forêts

Les forêts à pin d'Alep sont situées sur mi et bas de versants. Les forêts peu denses sont représentées par les espèces dominantes :

- Pin d'Alep, chêne vert, genévrier rouge et alfa ;
- Pin d'Alep, chêne vert et genévrier oxycèdre.

3.2. Les matorrals

Ces formations constituent des faciès de dégradation de la forêt. Les matorrals hauts sont bien représentés par trois types :

- Chêne vert et genévrier oxycèdre ;
- Pin d'Alep et chêne vert ;
- Pin d'Alep, chêne vert et alfa.

Les matorrals bas, résultant d'une déforestation plus prononcée, sont représentés par deux faciès :

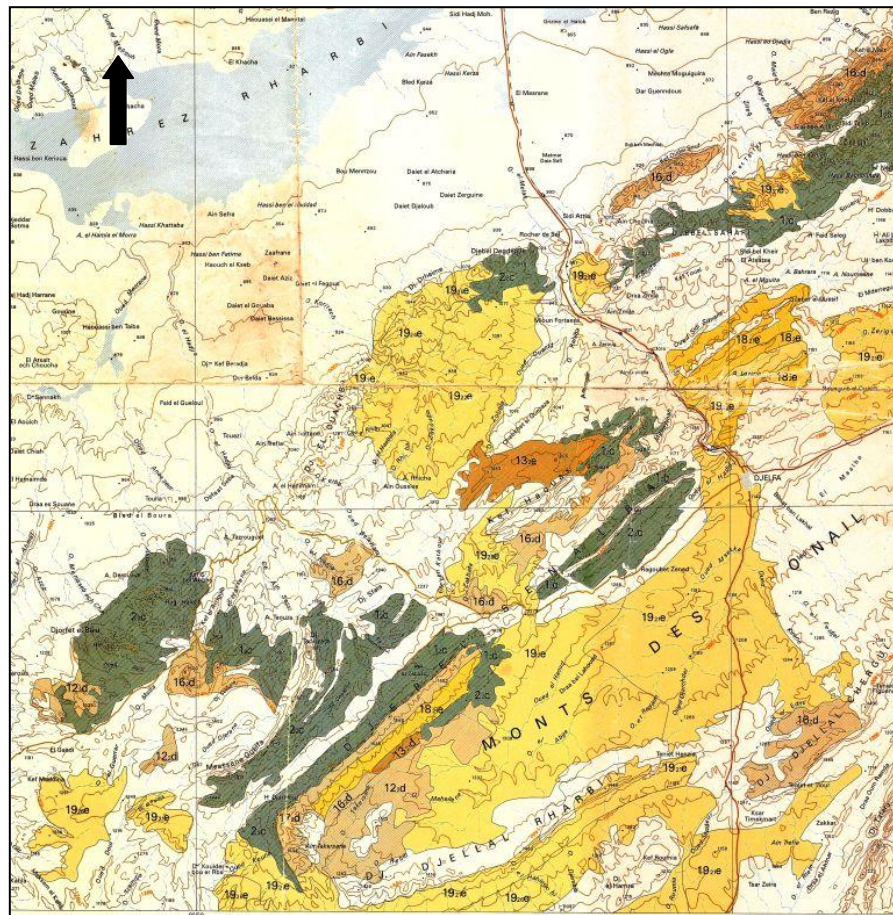
- Chêne vert, genévrier oxycèdre, pistachier térébinthe et alfa ;
- Genévrier rouge et alfa.

La steppe arborée est individualisée par les espèces dominantes suivantes :

- Alfa, *Launaea* et genévrier rouge ;
- Alfa, genévrier rouge et pin d'Alep.

3.3. La steppe

La steppe à alfa est significativement représentée au niveau de l'Atlas saharien, toutefois il faut remarquer que nous n'avons considéré que les formations mitoyennes de la forêt qui se situent à la limite de la zone étudiée. L'action de l'homme conjuguée aux effets néfastes du climat (xéricité et sécheresse) ont rendu complexe la régénération des espèces forestières. Actuellement, nous assistons à la dégradation des forêts aboutissant à des matorrals puis à la steppe (Kadik *et al*, 2002) (Figure 11).



- Idés3 Forêts peu denses à *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea* et *Stipa tenacissima*.
 Indice de désertification sensible
- Idés3 Matorrals très clairs à *Pinus halepensis*, *Quercus ilex* et matorrals bas à *Juniperus phoenicea* et *Stipa tenacissima*, *Rosmarinus officinalis* et *launaea acanthoclada*.
 Indice de désertification sensible
- Idés4 Steppes à *Stipa tenacissima*, *Artemisia inculta* et *launaea acanthoclada*.
 Indice de désertification très sensible

Figure 11 : Extrait de la carte d'occupation des sols (Kadik *et al.*, 2002), feuille de Djelfa.

Pour notre zone d'étude, l'occupation du sol est représentée dans le tableau (tableau 03) ci-dessous :

Tableau 3 : Occupation actuelle des massifs forestiers (DGF, 2022).

Nature	Senalba Chergui (Ha)	Senalba Gharbi (Ha)	Sahary Guebli (Ha)	Sahary Dahri (Ha)	Djellal Chergui(Ha)
Surface boisée :	9554	18266,2	15839	/	7. 374
Peuplement naturel	8641,68	15706,8	14029	/	1374
Reboisement	912,32	2559,4	1810	5000	6000
Surface à boiser :	5748,00	14111,4	/	/	/
Vides	4106,25	6957,2	331,2	/	/
Mattoral	722,44	3504,3	6318,6	24,151	1374
Mattoral arboré	919,31	3649,9			
Terrain improductif :	4531	9961,4	9385,7	/	/
Total	19833	42339	31866,25	29,151	7. 374

4. Situation biogéographique

Selon la classification biogéographique de Quezel et Santa (1962), notre zone d'étude appartient aux formations climatiques de la région méditerranéenne du secteur de l'Atlas saharien et du sous-secteur de l'Atlas saharien algérois.

Dans un but floristique, selon la classification, de Barry et Celles (1974), notre zone d'étude se situe dans le domaine Maghrébin steppique, dans le secteur de l'Atlas saharien et dans le sous-secteur de l'Atlas saharien algérois (tableau 4).

Tableau 4 : Principales subdivisions phytogéographiques de la zone d'étude d'après la classification de Barry et Celles (1974).

	Groupe méditerranéen de l'Holarctis	
	Région méditerranéenne	
	Sous-région Eu- méditerranéenne	Sous-région Saharo-sindienne
Domaine	Maghrébin steppique	Saharo- méditerranéen
Sous domaine	/	Sahara septentrional Sahara Nord occidental
Secteur	- Hauts plateaux algéro-oranais (H ₁) - Hauts plateaux constantinois (H ₂) - Atlas Saharien - Sud Constantinois	Bordure saharienne
Sous-secteur	- Atlas Saharien Oranais (AS ₁) - Atlas Saharien Algérois (AS₂) - Atlas Saharien Aurésio-constantinois (AS ₃) - Hodna (Hd)	Algérien (SS ₁) oranais (SS ₂)

5. Le climat

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants dans leur environnement (Faurie *et al.*, 1980). Les facteurs climatiques regroupent un ensemble de facteurs énergétiques constitués par la lumière et la température, par le facteur hydrologique présenté par les précipitations et l'humidité de l'air et les facteurs mécaniques avec le vent et l'enneigement (Ramade, 1984).

L'Algérie fait partie de l'aire isoclimatique « méditerranéenne » puisque son climat est caractérisé par l'existence d'une période de sécheresse axée sur la période chaude et imposant à la végétation en place un stress hydrique de durée variable (Daget *et al.*, 1988 ; Quezel et Médail, 2003 ; Le Houerou, 2004). Sur la base de la classification récente de Rivas-Martinez (2005), elle fait partie intégrante du « macroclimat méditerranéen ». En pratique, l'étude du climat doit porter sur une longue série chronologique d'observations afin d'intégrer les variations interannuelles qui sont essentielles pour l'analyse des données du bioclimat, autrement dit, du climat vécu par les végétaux et autres organismes vivants (Richards, 1997). Une période trentenaire est suffisante afin que les moyennes soient statistiquement significatives (Ripert et Ladier, 2005). Elle permet de filtrer les fluctuations climatiques (Choisnel, 1989). Les données climatiques prises en considération sont celles publiées par l'Office National Météorologique (O.N.M.) de la station Djelfa, qui se localise sur une altitude de 1180 m. Ces données sont recueillies sur une période de 40 ans, allant de 1982 à 2021.

5.1. Précipitations

Le climat méditerranéen se caractérise par une répartition irrégulière des précipitations au cours de l'année avec une période de sécheresse estivale plus ou moins importante qui représente la principale contrainte pour la végétation (Daget, 1977). Dans les pays du Maghreb, la pluviométrie est le paramètre climatique dominant, étant d'une part, généralement insuffisant, d'une autre, beaucoup plus variable que la température tant à l'échelle spatiale que temporelle (répartition mensuelle et saisonnière, irrégularité interannuelle). L'évolution de cette contrainte, en relation avec les changements climatiques prévus, peut devenir critique pour la végétation méditerranéenne (Hoff et Rambal, 2000).

La série (1982/2021) des précipitations annuelles montre que la période 1982/1997 est la période la plus humide avec une précipitation moyenne annuelle de 354 mm /an, cette phase s'est succédé par deux autres périodes sèches qui ont été plus courte. La première a eu une durée de 5 ans (1998 / 2002) avec une précipitation moyenne annuelle de 215 mm/an ; la seconde a eu une durée de 5 ans 2012-2017 mais elle a été moins intense que la précédente avec une moyenne de 233 mm/an. L'année 2018 est la plus pluvieuse de la Quarantenaire avec 462 mm. L'année 2000 est la plus sèche avec seulement 152,2 mm (tableau 5 et figure 12).

Tableau 5 : Précipitations annuelles en (mm) (1982/2021) (ONM, 2022).

Année	P(mm)	Année	P (mm)	Année	P (mm)	Année	P (mm)
1982	434,4	1992	380	2002	212,8	2012	236
1983	177,3	1993	291,4	2003	295,5	2013	239,2
1984	263,27	1994	371	2004	376	2014	280,22
1985	363,4	1995	281,1	2005	247,8	2015	277,54
1986	393,3	1996	438,8	2006	298	2016	190,2
1987	298,7	1997	391	2007	297,6	2017	176,5
1988	333,5	1998	177	2008	347	2018	462
1989	349,3	1999	295,6	2009	389	2019	199,51
1990	453,2	2000	152,2	2010	311,2	2020	177,78
1991	451	2001	238,9	2011	328,6	2021	229
Moyenne	351,737		301,7		310,35		246,795
Moyenne Totale	303 mm						

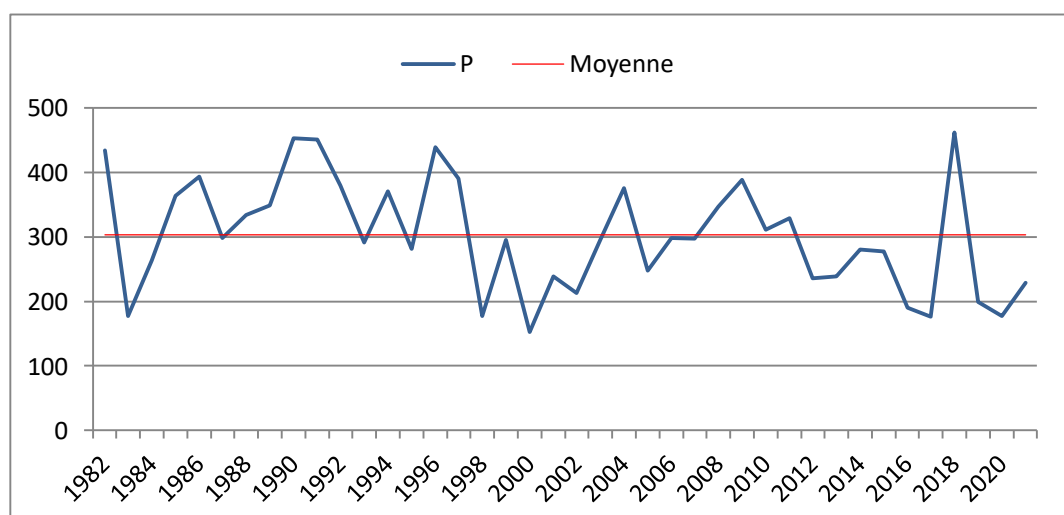


Figure 12 : Fluctuations des précipitations annuelles en (mm) durant la période (1982/2021).

L'analyse du tableau 6 montre que la moyenne calculée sur la période donne une pluviométrie annuelle de $303 \pm 87,2$ mm/ an, dont les valeurs maximales de précipitations moyennes sont enregistrées au mois de Mai avec $32,1 \pm 26,72$ mm et la quantité moyenne minimale se limite à $8,6 \pm 8,88$ mm au mois de Juillet. Les écart-types sont très importants et ont des valeurs presque identiques aux moyennes. Ceci montre l'irrégularité des précipitations mensuelles au cours des années considérées.

Tableau 6 : Moyennes des précipitations mensuelles en (mm) (1982/2021)

(ONM, 2022)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
P(mm)	28,8	26,8	30,7	30,2	32,1	16,9	8,6	18,5	30,2	30,2	25,4	24,3	303
Ecart type	$\pm 24,35$	$\pm 20,45$	$\pm 23,97$	$\pm 23,31$	$\pm 26,72$	$\pm 14,16$	$\pm 8,88$	$\pm 17,82$	$\pm 26,46$	$\pm 29,62$	$\pm 17,48$	$\pm 15,44$	$\pm 87,2$

5.2. Régime pluvial saisonnier

Pour la végétation, la répartition des pluies est plus importante que la quantité annuelle des précipitations, l'eau qui lui est utile est celle qui est disponible durant son cycle de développement (Aidoud, 1994). Le régime saisonnier détermine la quantité des pluies de chaque saison. Nous avons considéré quatre saisons de trois mois chacune :

- Hiver : décembre, janvier et février = H ;
- Printemps : mars, avril et mai = P ;
- Été : juin, juillet et août = E ;
- Automne : septembre, octobre et novembre = A.

En classant ces quatre saisons par ordre décroissant des cumuls pluviométriques, nous obtenons l'indicatif saisonnier « type ». Concernant notre zone d'étude, il est de type PAHE (tableau 7 et figure 13).

Tableau 7: Répartition pluviométrique saisonnière des stations de Djelfa.

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type
P (mm)	79,9	93,0	44,0	85,8	PAHE

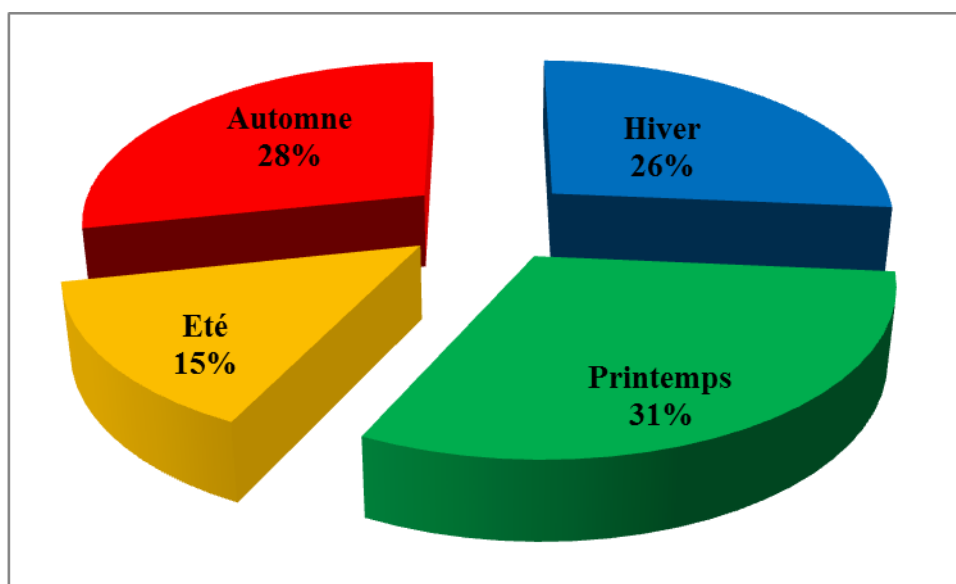


Figure 13 : Variabilité pluviométrique saisonnière des stations de Djelfa (1982-2021).

On remarque que les précipitations les plus importantes sont celles qui tombent au printemps tout en prenant en considération les pluies d'automne et d'hiver.

Malgré que l'été reste la saison la plus sèche, la moyenne des précipitations saisonnières ne descend pas en dessous de 44 mm, cela est dû aux orages et pluies torrentielles fréquents durant les 40 ans.

5.3. Température

Parmi les facteurs limitant, la présence et la répartition des essences forestières, la température est l'un des éléments les plus déterminants dans la caractérisation de la végétation. Chaque espèce présente un seuil minimal ou maximal qui lui permet de se maintenir favorablement. Au-delà de ces limites la survie de l'espèce peut être compromise (Bentouati, 2006).

L'analyse du tableau 8 montre que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température moyenne minimale de 0,5°C et le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température moyenne maximale de 34,4°C.

Tableau 8 : Moyennes des températures mensuelles minimales et maximales en (°C)
(1982/2021)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
TM (°C)	9,9	11,7	15,0	18,3	23,9	30,1	34,4	33,4	27,6	21,6	14,5	10,9
Tm (°C)	0,5	1,3	3,1	5,9	9,8	14,1	17,2	16,8	13,2	8,9	4,4	1,7
Tmoy (°C)	5,2	6,5	9,1	12,1	16,8	22,1	25,8	25,1	20,4	15,2	9,5	6,3

5.4. Synthèse climatique

3.4.1. Indice d'aridité de De Martonne

Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes annuelles en millimètre et de la température moyenne annuelle en degré Celsius. On peut calculer cet indice à partir de la formule de De Martonne suivante:

$$I = \frac{P}{(T + 10)}$$

I = indice d'aridité.

P = précipitation moyenne annuelle (mm).

T = température moyenne annuelle (°C).

Sur la base de diverses fourchettes de l'indice d'aridité fixé par De Martonne, le type de climat se caractérise comme suit:

- **I < 5** Climat hyper aride
- **I = 5** Climat aride
- **5 < I < 7.5** Climat désertique
- **7.5 < I < 10** Climat steppique
- **10 < I < 20** Climat semi-aride
- **20 < I < 30** Climat tempéré

Application : P = 303 mm, T = 14,5°C, donc I = 12.37. La valeur trouvée de l'indice d'aridité (**I**) pour la zone de Djelfa traduit un climat **semi- aride**.

5.4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

D'après Bagnouls et Gaussen (1953), un mois sec est celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est égal ou inférieur au double de la température mensuelle exprimée en degré Celsius ($P \leq 2T$). Cette relation permet de représenter sur un même graphique les précipitations et les températures moyennes mensuelles. Ce diagramme est réalisé en portant en abscisses les mois de l'année et en ordonnées les précipitations sur un axe et les températures sur le second (Faurie *et al.*, 1980). L'intersection des deux courbes, ombrique et thermique, détermine la durée de la période sèche.

Pour notre cas, le diagramme ombrothermique (figure 14) met en évidence deux périodes distinctes. Une saison humide de 7 mois, allant du début Janvier à la mi-Mai et de la mi-October à la fin Décembre et une saison sèche de 5 mois, de la mi-Mai à la mi-October.

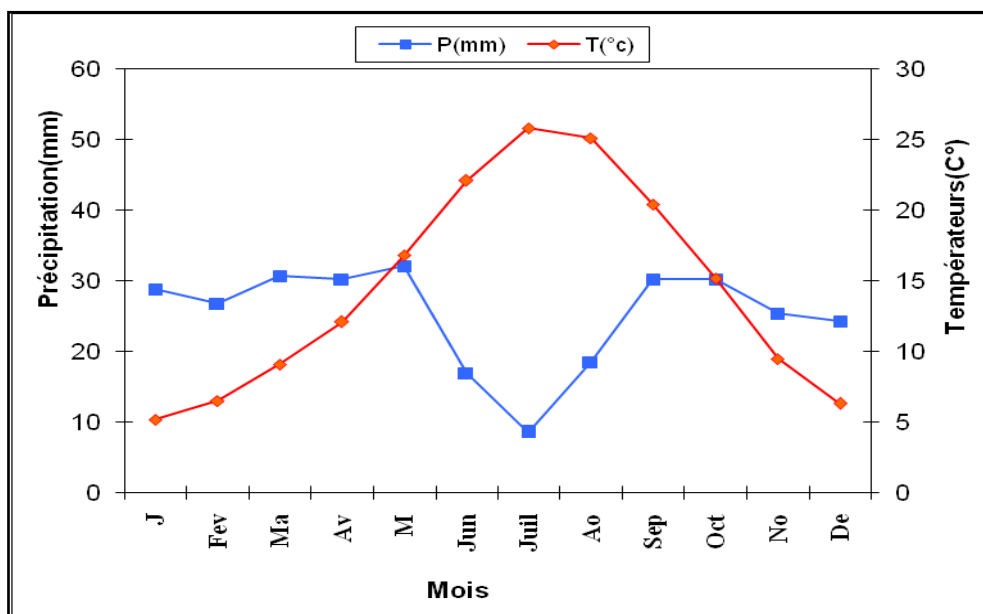


Figure 14 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la zone d'étude (1982/2021).

5.4.3. Quotient pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER

D'après Emberger, l'exploitation synthétique du climat méditerranéen tient compte de l'effet conjugué des précipitations et des températures. Il s'agit du quotient pluviométrique d'Emberger noté Q_2 .

Emberger (1955) a établi une formule pour définir les différents types de bioclimats en région méditerranéenne.

$$Q_2 = \frac{2000 P}{(M^2 - m^2)}$$

- Q_2 : Quotient pluviothermique.
- P : Pluviosité moyenne annuelle en (mm).
- m (°K) : Moyenne des températures mensuelles minimales du mois le plus froid.
- M (°K) : Moyenne des températures mensuelles maximales du mois le plus chaud.

Le Q_2 relatif à notre région d'étude est : $Q_2 = 2000 \times 303 / (307,4^2 - 273,5^2)$ $Q_2 = 30.77$

Emberger considère le Q_2 et la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m) sur un climagramme à deux axes :

- En abscisses, sont portées les valeurs de (m) en degré Celsius.
- En ordonnées, les valeurs de Q_2 .

La valeur du quotient d'Emberger ($Q_2 = 30.77$) permet de situer la station de Djelfa dans un étage bioclimatique **semi-aride à variante thermique à hiver frais** (Figure 15).

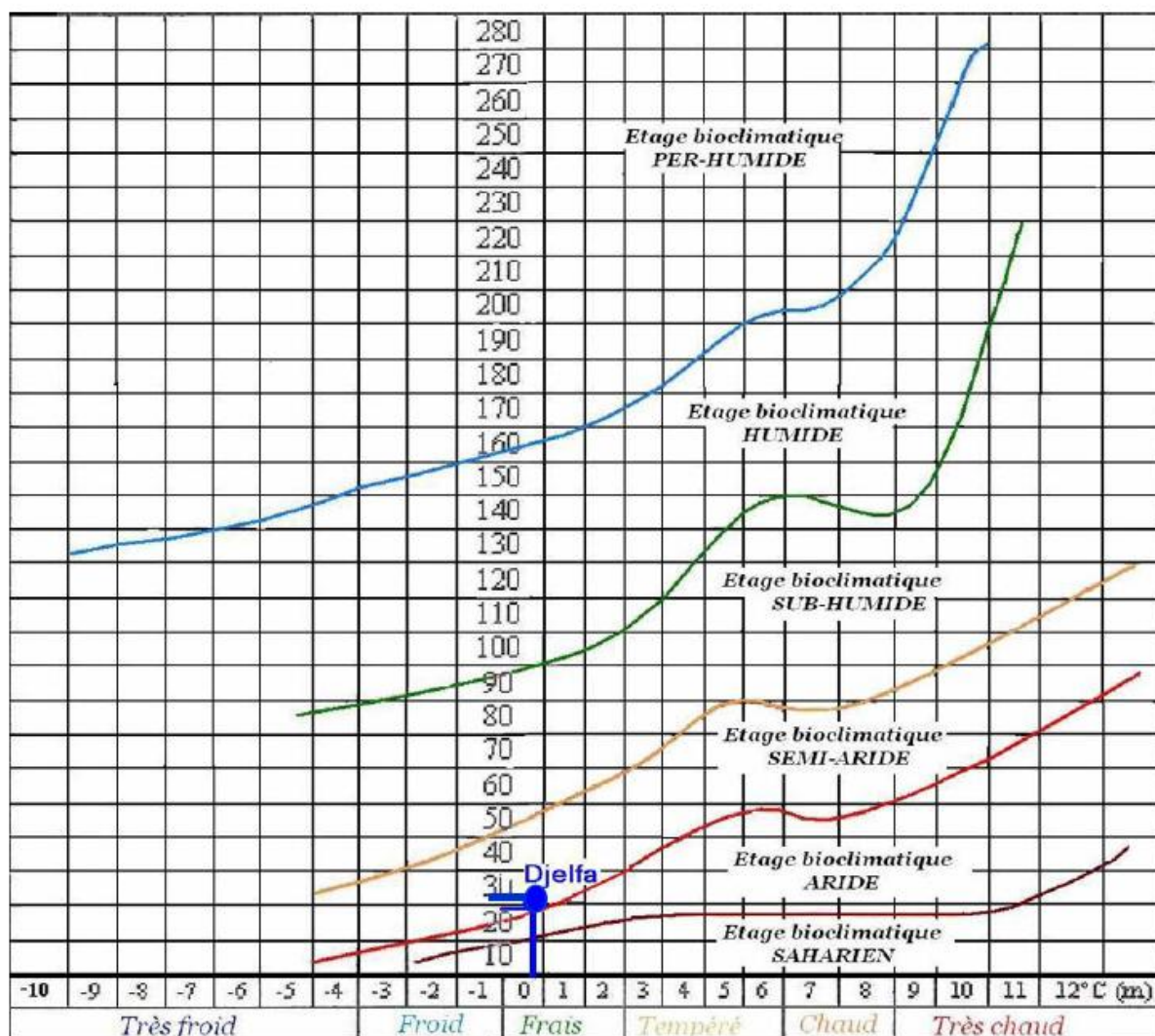


Figure 15 : Climagramme d'EMBERGER de la zone d'étude (1982/2021).

5.4.4. Bioclimat :

Selon l'extrait de la carte des étages bioclimatiques (BNEDER, 2007) (Figure 16), le semi-aride est l'unique étage bioclimatique qui domine dans la zone d'étude avec ses différents sous étages dont :

- Le variant semi-aride doux, le moins représenté, qui occupe les pieds monts ;
- Le variant semi-aride frais, le mieux représenté, qui occupe les moyennes altitudes ;
- Le variant semi-aride froid est typique pour les hautes montagnes où les altitudes dépassent les 1400m.

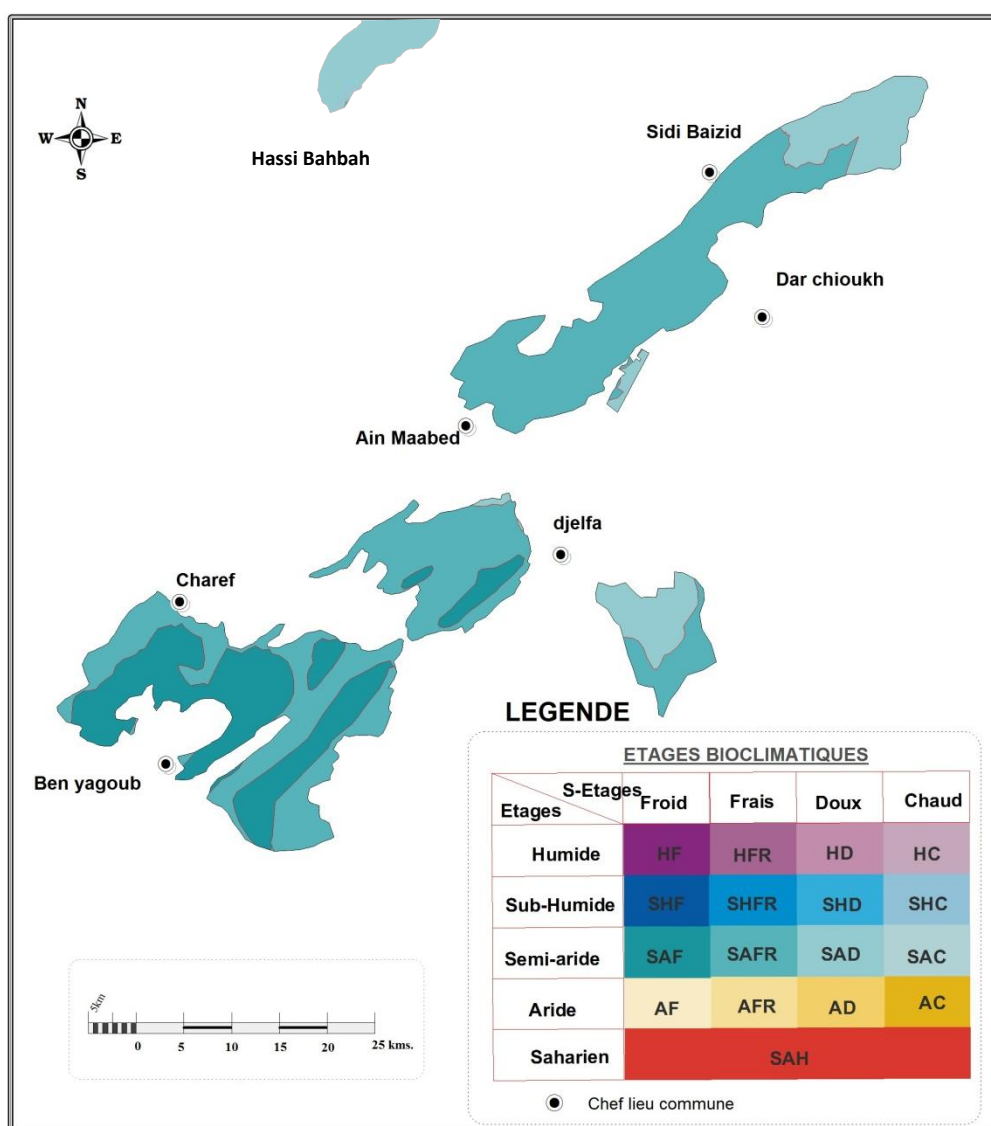


Figure 16 : Carte des étages bioclimatiques de la zone d'étude (BNEDER, 2007).

5.5. Tendances des paramètres climatiques et bioclimatiques

Nous avons établi une comparaison des paramètres climatiques de trois périodes ; les sources de données sont extraites de Seltzer (1946), dont la période d'étude s'échelonne entre (1913 et 1938), du Dubief (1963) où la période est comprise entre 1926 et 1950 et la station de l'ONM de Djelfa pour la période actuelle entre 1982 et 2021.

Les résultats de synthèse des paramètres climatiques et bioclimatiques des trois périodes sont consignés dans le tableau 9.

- L'irrégularité des précipitations interannuelles est remarquée dans les trois périodes avec une succession des périodes sèche et d'autres humides ;
- La moyenne annuelle de précipitations de la dernière décennie (2012-2021) montre une diminution de 18% par rapport aux décennies précédentes, dont P= 247mm en période (2012-2021) par contre, P=310 mm en période (2002-2011).
- Le régime saisonnier est irrégulier (HAPE, HPAE, PAHE) dû aux moyennes des quantités de précipitations dans les trois saisons pluvieux (H, A, P) sont subégales ;
- Un réchauffement de la température moyenne minimale (m) pour le mois le plus froid qui passe de (m= $-0,8^{\circ}\text{C}$) dans la période de Seltzer à (m= $0,5^{\circ}\text{C}$) dans la période (1982-2021) ;

Tableau 9 : Synthèse des différents paramètres climatiques de la station de Djelfa pour les périodes (1918-1938), (1926-1950) et (1982-2021) (ONM, 2022).

Périodes Facteurs	Seltzer (1918-1938) 25 ans	Dubief (1926-1950) 24 ans	O.N.M (1982-2021) 40 ans
Précipitations annuelles (mm /an)	308	329,2	303
Régime saisonnier	HAPE	HPAE	PAHE
Températures moyennes minimales (m °C)	-0,8	-	0,5
Températures moyennes maximales (M °C)	34,5	-	34,4
Températures moyennes (T °C)	13,35	-	14,5
Période sèche	mi-Mai à mi- Octobre	-	début de Mai à mi- Octobre
Q₂ d'EMBERGER	31,03	-	30,77
Climagramme d'EMBERGER	Etage bioclimatique semi-aride, variante à hiver froid	-	Etage bioclimatique semi-aride, variante à hiver frais

5.6. Autres paramètres climatiques

5.6.1. Humidité relative:

L'humidité joue un rôle essentiel dans l'écologie des organismes terrestres en conjonction avec la température, c'est à la valeur de l'humidité relative que correspond la sensation d'humidité ou de sécheresse de l'air (Seltzer, 1946).

Les humidités moyennes mensuelles de la zone d'étude pour la période (1982-2021) sont données par le tableau 10 suivant :

Tableau 10 : Humidité moyenne de la région de Djelfa (1982-2021) (ONM, 2022).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juit	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	75,22	70,59	64,12	58 ,17	52,85	43,07	35,32	37,71	52,27	62,46	71,95	76,59

L'humidité est de l'ordre de **38,70 %**, de juin à aout elle reste inférieure à 50% et souligne une double influence de la sécheresse estivale et de la continentalité.

L'humidité est inversement proportionnelle à la température de l'air, autrement dit elle est maximale pendant le mois le plus froid d'hiver est atteint **76,59%** au mois décembre. En été, elle baisse jusqu'à **35,32%** au mois de juillet ce qui augmente l'évaporation.

5.6.2. Vents:

Les vents constituent en certains biotopes un facteur écologique limitant (Ramade, 2003). En hiver, la fréquence des vents dominants se regroupe dans les directions Ouest et Nord- Ouest. Ils entraînent les nuages ayant franchi les chaines telliennes et apportent la pluie sur les reliefs de l'Atlas saharien, alors que les vents du Sud amènent le sirocco (Pouget, 1980).

La zone de Djelfa est caractérisée par les vents d'été (Sirocco). Selon Bourouba (1997), le Sirocco est un vent du Sud-Est d'origine saharienne chaud et sec résultant des dépressions qui se forment sur la Méditerranée, il y a en moyenne 13 jours de sirocco par an, dont plus de 50° C en juillet et août.

Tableau 11: Vitesse moyennes mensuelle du vent en (m/sec).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juit	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse du vent (m/s)	3,69	3,83	6,75	4,19	3,89	3,34	3,03	2,79	2,78	2,96	3,25	4,86

La vitesse moyenne du vent dans la zone de Djelfa oscille entre **6,75 m/s** (Mars) et **2.7 m/s** (septembre) avec une moyenne annuelle de **3.4 m/s**.

Selon la rose du vent (Figure 17) : le vent dominant est du Sud-Ouest (SW) avec une direction Nord-Est.

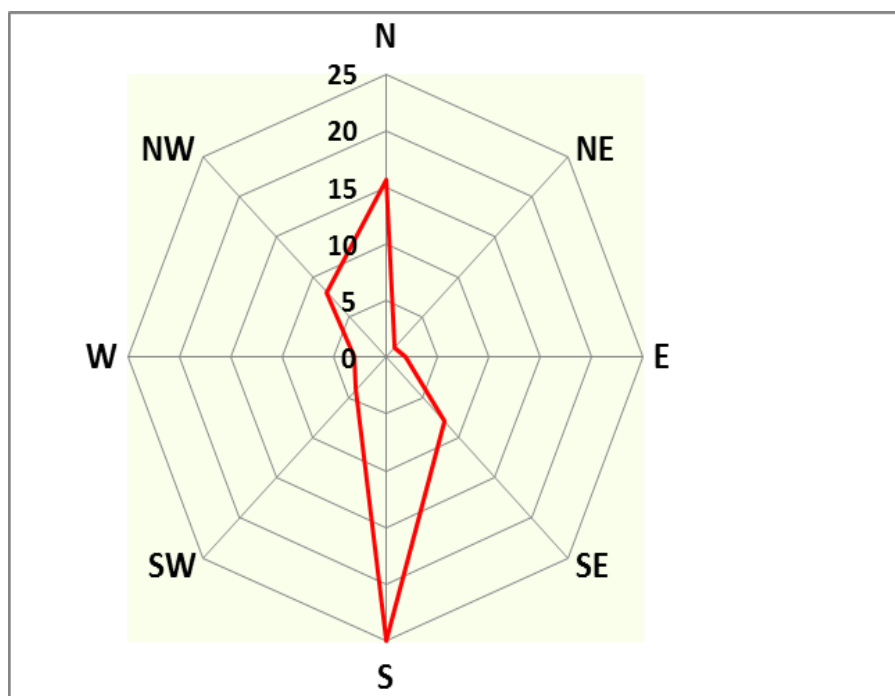


Figure 17: Rose du vent de la zone d'étude.

5.6.3. Gelées et Neige:

Les gelées peuvent entraîner le flétrissement des plantes surtout dans les endroits moins exposés au soleil tel que les dépressions et les bas-fonds. La température est un indicateur valable des gelées, car le risque de ces dernières commence lorsque le minimum tombe au-dessous de 10°C (Seltzer, 1946).

Tableau 12 : Nombre moyen mensuel de jours de gelée.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juit	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Nombre jours de gelée	10,10	8,17	3,76	0,76	0	0	0	0	0	0,05	3,20	8,54	33,8

On constate dans le tableau ci-dessus que la période des gelées à Djelfa s'étale de Novembre à Avril avec un maximum de 10,1 jours au mois de Janvier et 34 jours/ an. Le nombre moyen des jours de neige est de 8,2 par an avec un maximum de 2,7 jours au mois de Janvier.

6. Feux de forêts

En comparaison avec le reste du pays, les incendies de forêts semblent être marginaux dans les massifs forestiers (tableau 13). Sur la période 2000-2010, 10 incendies ont eu lieu, affectant au total 250 ha (dont en particulier un incendie important en 2000 ayant affecté 135ha).

Plusieurs zones récemment incendiées ont malgré tout pu être observées lors de la visite de terrain, lesquelles a entraîné une disparition complète de la végétation pour les feux de cime et de la flore accompagnatrice pour les feux de surface. Suite aux incendies, on observe une absence de régénération spontanée du pin d'Alep, et une cicatrisation à partir du genévrier ou du chêne vert (selon la station).

Tableau 13 : Bilan des Feux de forêts (DGF, 2022).

Année	Superficie incendiée (ha)	Année	Superficie incendiée (ha)
2000	135,50	2011	0,58
2001	5,81	2012	52,23
2002	1,65	2013	24,9
2003	0.34	2014	38,8
2004	08	2015	8
2005	0.36	2016	6,68
2006	6.31	2017	15
2007	26.5	2018	21,56
2008	13.89	2019	49,5
2009	6.54	2020	8,55
2010	4.49	2021	2,03

Chapitre III
Matériel et Méthodes

1. Objectif de l'étude

Cette étude porte sur la détermination des facteurs prépondérants, intrinsèques et extrinsèques, sur la régénération naturelle du Genévrier rouge en région semi-aride (Djelfa, Algérie). Elle a pour objectif de cerner les obstacles qui s'opposent à l'installation et au développement des jeunes plantules de cette espèce. Pour ce faire, un diagnostic de la régénération naturelle et de la structure démographique et dendrométrique des différentes populations du Genévrier rouge, dans les cinq massifs forestiers de la wilaya de Djelfa (Figure 18), a été effectué.

L'analyse des facteurs écologiques environnants, parmi d'autres, l'ampleur et l'intensité de l'impact des facteurs extrinsèques : le type de substratum (type du sol, paramètres physico- chimiques), les espèces accompagnatrices (cortège floristique, compétition et espèce nurse) et les activités anthropozoïques, ainsi que l'analyse du rôle des frugivores et l'endozoochorie dans l'Atlas saharien central dans la dissémination et la régénération du genévrier rouge, nous permettront d'extraire les principaux facteurs influençant la régénération naturelle de cette espèce.



Figure 18 : Zone culminante de Djellel Chargui où de vastes juniperaies se développent sur le versant Nord (Photo Benabderrahmane. A. 2021).

2. Echantillonnage

L'échantillonnage adopté dans le présent travail est un échantillonnage mixte constitué à la fois d'un échantillonnage stratifié et systématique. L'échantillonnage stratifié permet

d'obtenir des stations susceptibles de traduire le maximum de situations écologiques tout en étant représentatives du plus grand nombre de cas. Pour cet échantillonnage on a divisé notre zone d'étude en dix (10) stations selon le massif, l'exposition du versant et la nature du sol.

A l'intérieur de chaque station, nous avons procédé à l'installation de dix (10) placettes d'observation temporaire (100 placettes en total) sur la base d'un échantillonnage systématique avec des pas fixes de 100m (Figure 19). En effet, l'échantillonnage systématique est un moyen très efficace pour étudier ces milieux hétérogènes du point de vue écologique comme l'ont recommandé plusieurs auteurs (Frontiere, 1983 ; Ezzahiri, 1994 ; Benabid, 2002).

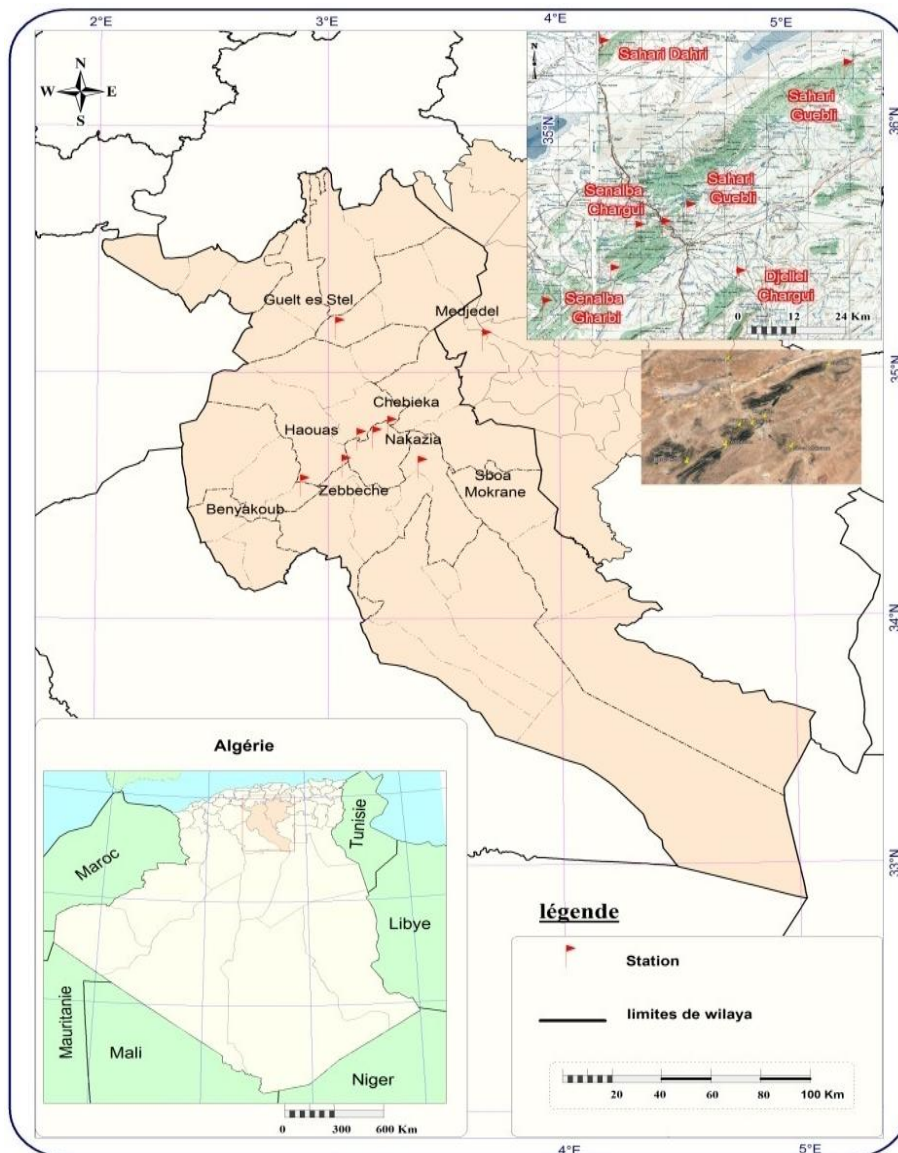


Figure 19 : Localisation des stations d'échantillonnages au sein des massifs forestiers de l'Atlas saharien Central.

3. Les placettes expérimentales

Nous avons installé 100 placettes temporaires, réparties sur l'ensemble stations d'étude (Tableau 14). Ces placettes sont de forme circulaire et couvrent une superficie 400m², soit un rayon de 11,28m, ont été délimitées à l'aide d'un mètre ruban tendu horizontalement, et matérialisées par les coordonnées géographiques de ses centres (Mueller-Dombois et Ellenberg 1974).

Tableau 14: Présentation des caractères géographiques pour chaque station d'étude

station	Nombre de placettes	Massif	Exposition du versant	Lieudit	Substratum	Coordonnées géographiques
ST01	10	Senalba Chergui	Nord	Haoues	Marno-calcaire	Alt (m):1188 34.69482° 3.12971°E
ST02	10		Sud	Nakazia	Gréseux	Alt :1208 34.69986° 3.16989°E
ST03	10	Senalba Gharbi	Nord	Zabache	Calcaire	Alt :1342 34.56916° 3.05063°E
ST04	10		Nord	Gouttaia	Marno-calcaire	Alt :1550 34.54608° 2.80802°E
ST05	10	Djellal Chargui	Nord	Sboa Mokrane	Calcaire	Alt :1390 34.56335° 3.38414°E
ST06	10		Sud	Sboa Mokrane	Marno-calcaire	Alt :1346 34.57794° 3.40316°E
ST07	10	Sahari Guebli	Sud	Chebeika	Gréseux	Alt :1120 34.72367° 3.24712°E
ST08	10		Nord	Dreoua	Calcaire	Alt :1120 34.85981° 3.21014°E
ST09	10		Nord	Medjedel	Marno-calcaire	Alt :1055 35.06835° 3.64907°E
ST10	10	Sahari Dahri	Nord	Gueltet Stell	Gréseux	Alt :1195 34.14209° 3.03567°E



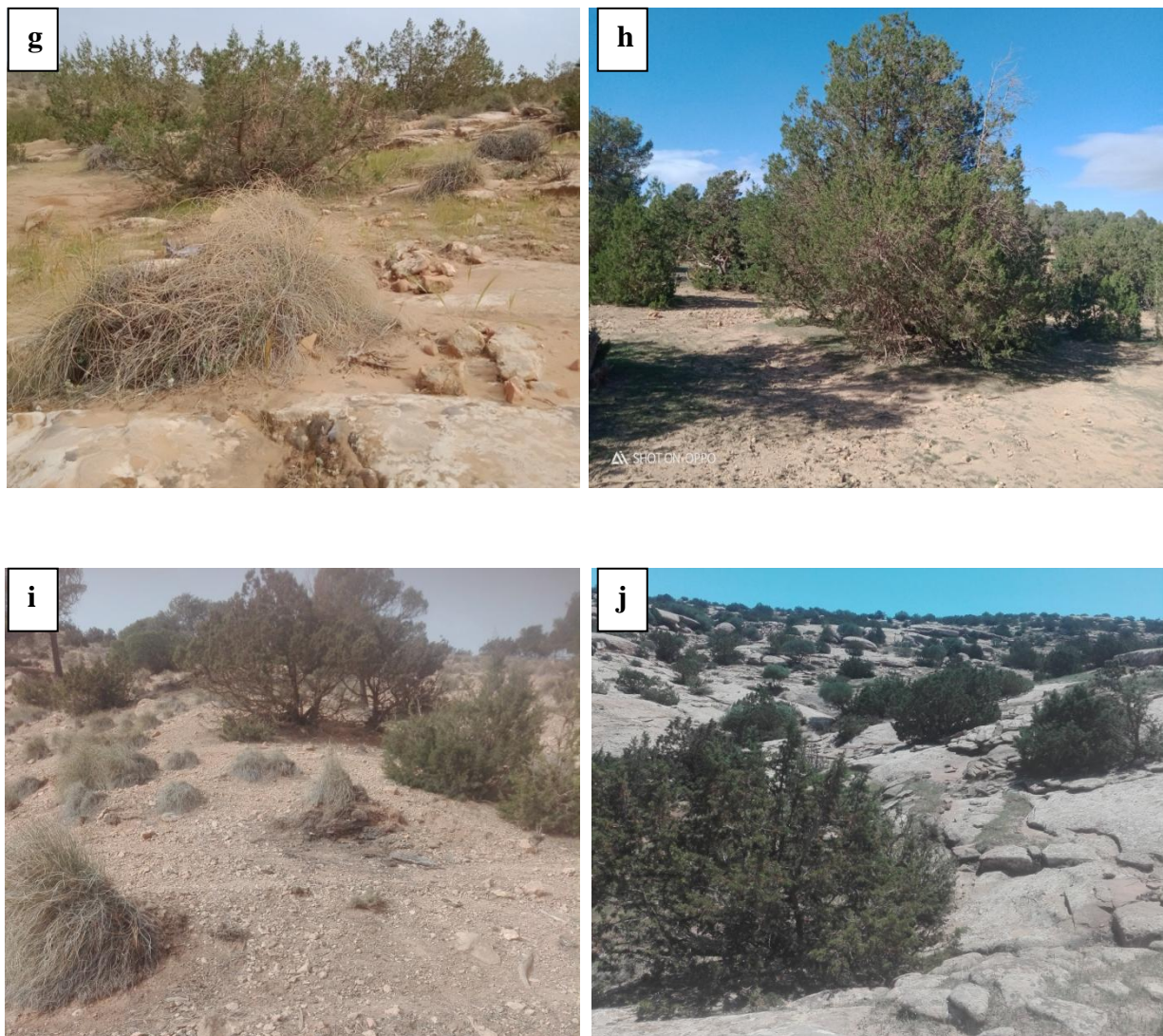


Figure 20 : Photographie les différents juniperaies des stations d'étude

(Photo, Benaberrahmane, A. 2021).

Légende : (a) St01 Haoues ; (b) St02 Nakazia ; (c) St03 Zabache ; (d) St04 Gouttaia ; (e) St05 Saboa Mokrane Nord ; (f) St06 Saboa Mokrane Sud ; (g) St07 Chebeika ; (h) St08 Dreoua ; (i) St09 Medjedel ; (j) St10 Gueltet Stell.

4. Choix des indicateurs

4.1. Indicateurs de régénération

L'indice de régénération (IR) a été retenu comme descripteur pour concrétiser le phénomène de régénération du Genévrier rouge. C'est un indice qui est déterminé par le rapport entre le nombre de juvéniles par rapport à un arbre adulte (J/AR) (Douaihy *et al.*, 2013). Sous l'hypothèse de générations non chevauchantes (c'est-à-dire que les adultes sont remplacés par les jeunes de la génération précédente à chaque génération), un indice de (01) indique une taille de population stable, tandis que des valeurs inférieures ou supérieures sont synonymes d'une diminution ou d'une augmentation de la taille de la population, respectivement. Cependant, il peut être utile pour les comparaisons de population en termes de régénération (Douaihy *et al.*, 2013).

Vue que la régénération du Genévrier rouge en zones semi arides est épisodique, à l'intérieur de chaque placette, tous les individus avec une hauteur inférieure à 1,3m et non reproductives (Otto *et al.*, 2010) ont été considérés comme juvéniles (Milios *et al.*, 2007 ; MacLaren, 2016), dénombrés et classés selon l'effectif, la hauteur (semis, juvéniles) et en fonction de leur emplacement sous la canopée des autres espèces ou dans un espace libre (sur sol nu) (Milios *et al.*, 2007 ; Otto *et al.*, 2010).

4.2. La table de survie statique

La table de survie statique est connue sous le nom de table de vie à temps spécifique, qui estime la survie et la mortalité par âge à partir de la structure d'une population à un moment précis de sa vie. Elle est utilisée pour les plantes à longue durée de vie lorsqu'il n'est pas pratique de suivre la disparition d'une cohorte dans le temps (Silvertown, 1987 ; Hegazy *et al.*, 2008) ; elle illustre les motifs de changement de la population en termes de taux de naissance et de mortalité, et explique les stratégies de survie de la population (Barbour *et al.*, 1987 ; Dan Liu *et al.*, 2023). La structure d'âge est une caractéristique importante de la population, et de nombreux chercheurs ont utilisé l'analyse de la structure de taille (Rebertus et Veblen, 1993 ; Bridie et Fortin, 1995) dans leurs études sur la structure et la dynamique de la population ; parfois, la taille peut être un meilleur prédicateur de la production reproductive que l'âge dans des conditions de croissance forestière similaires entre les arbres comparés (Sharitz et McCormick, 1973 ; Harper, 1977 ; Dadamouny, 2009).

En raison du manque de données sur l'analyse du bois et de la difficulté à prélever des carottes pour obtenir l'âge des arbres ; ainsi, le *Juniperus phoenicea* présente une morphologie

trapue avec plusieurs troncs généralement inaccessibles en raison du système de branchage entrelacé. Selon Frost et Rydin (2000), la réponse en termes d'âge et de taille d'une espèce dans le même environnement est caractérisée par la cohérence de l'âge et de la taille. Cependant, nous avons utilisé la structure par classe de hauteur pour représenter la séquence temporelle des plantes ligneuses afin de construire une table de survie statique (Garcia *et al.*, 1999).

En effet, nous avons déterminé la structure d'âge en attribuant chaque individu à l'une des classes d'âge suivantes : semis établi, juvénile, adulte reproducteur et sénescence (Ward, 1973, 1981 ; Gatsuket *al.*, 1980 ; Clifton *et al.*, 1997 ; Garcia *et al.*, 1999). Nous avons considéré chaque catégorie d'âge correspondant aux classes de taille de :

- **Semis** : <0,25 m ;
- **Juvéniles** : [0,25-1,3 m [;
- **Adultes** : [1,3-5 m [;
- **Sénescentes** : >5 m.

La table de survie statique a été construite pour les populations individuelles ainsi que pour l'ensemble de la population regroupée, selon les méthodes de Pielou (1977), Hegazy (1992) ; Zaghoul *et al.* (2008) ; Dadamouny (2009) ; Farahat (2020) ; Liu *et al.* (2023).

Toutes les fonctions des tables de vie sont mathématiquement interdépendantes, c'est-à-dire qu'on peut calculer n'importe quelle fonction à partir d'une autre. Les fonctions couramment exprimées dans la table de vie sont celles qui sont computationnellement importantes pour déterminer l'espérance de vie des individus à chaque stade ou intervalle du cycle de vie (Sharitz et McCormick, 1973). Les méthodes statistiques des indicateurs associés dans la table de survie sont consignées dans le tableau 15.

Tableau 15 : Paramètres de la table de survie statique utilisés dans l'estimation du taux de survie et de mortalité des populations de *Juniperus phoenicea* dans l'atlas saharien.

Symbole	Description
x	Catégorie d'âge considéré au moment du recensement.
N_x	Nombre d'arbres individuels vivant dans la catégorie d'âge x.
ax	Nombre de survivants au début de la catégorie d'âge x (nombre de survivants jusqu'à l'âge x, il trace une courbe de survie).
l_x	Nombre de survivants dans chaque catégorie standardisé à 1000. $l_x = N_x / N_0$
L_x	Nombre moyen d'individus survivants (de x à x + 1). $L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2$
T_x	Nombre total d'individus vivants à la catégorie d'âge x et au-delà. $T_x = \sum L_x - x_1$
e_x	Espérance de vie d'un individu entrant dans la catégorie d'âge x. $e_x = T_x / l_x$
dx	Nombre d'individus décédés pendant les deux catégories d'âge adjacentes. $dx = l_x - l_{x+1}$
q_x	Taux de mortalité dans la catégorie d'âge x, permettant de déterminer les âges présentant le plus grand risque de mortalité. $q_x = dx / l_x$

4.3. Indicateurs explicatifs

4.3.1. Caractéristiques dendrométriques

Les arbres de chaque placette ont fait l'objet de mesures, à l'aide d'un mètre ruban, qui ont porté sur les paramètres dendrométriques suivant :

- La hauteur de tous les arbres de la placette ;
- Les deux diamètres (minimal et maximal) de surface de projection du houppier (SPH).

4.3.1.1. Densité

Elle représente le nombre d'arbres par hectare :

$$N/ha = \frac{N \times 100}{S}$$

Avec :

- N : Nombre de pieds,
- S : Surface de la placette en ares.

4.3.1.2. Hauteur des arbres

La mesure de la hauteur totale d'un arbre consiste à mesurer la longueur du segment de droite qui joint le pied de l'arbre et son bourgeon terminal. L'instrument utilisé est le dendromètre blum-leiss.

a). La hauteur moyenne (\bar{H}) a été calculée par la formule suivante :

$$\bar{H} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n H_i(m)$$

Avec :

- N : Nombre des arbres de la placette ;
- H_i : hauteur totale de l'arbre "i" en mètres.

b). La hauteur dominante (Palm, 1971 in Mohand et Nourdine, 1999) définit la hauteur dominante comme étant la moyenne des hauteurs totales des cents plus grands arbres à l'hectare. Dans notre cas, puisque nous avons échantillonné des placettes de 400 m² de superficie. On a pris en considération la hauteur dominante des 04 plus grands arbres de la placette.

4.3.1.3. Diamètre et surface de la projection du houppier

Selon Rondeux (1999), l'estimation de la surface projetée des houppiers pouvant être effectuée avec une bonne précision en mesurant au moins 4 rayons.

Dans le cas de n rayons (r), la surface de la projection horizontale (SPH) résulte de la moyenne quadratique suivante :

$$SPH = \pi \cdot \frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n}$$

Dans notre cas, la surface du houppier d'un arbre a été estimée à partir de 2 rayons (Tüfekcioğlu et Tavşanoğlu, 2022) selon la formule suivante :

$$SPH = \pi * \frac{(D1 + D2)^2}{4}$$

Ainsi, la somme des surfaces des houppiers de tous les arbres à l'intérieur de chaque placette nous permet de déterminer la surface totale de la projection des houppiers dans une placette.

La **Surface de la projection du houppier dominante**, a été considérée comme la moyenne arithmétique des quatre (SPH) arbres les plus volumineux à l'intérieur de chaque placette.

4.3.2. Descripteurs phytoécologiques

L'étude phytoécologique traduit la combinaison, ou les relations entre la végétation et les facteurs écologiques qui jouent un rôle actif dans sa distribution et son développement (Kadik et Godron, 2011).

4.3.2.1. Indicateurs du site

Les relevés phytoécologiques sont accompagnés de certains descripteurs d'ordres écologiques et relatives aux conditions du milieu tels que l'altitude, l'exposition, la pente, l'influence antropozoogène, ainsi que d'autres facteurs tributaires de la structure de la végétation tels que le recouvrement global et le recouvrement par strate. Dans notre cas d'étude, les facteurs écologiques déterminés pour chaque placette sont :

4.3.2.1.1. Exposition

Elle a été prélevée par une lecture directe sur une boussole à main.

4.3.2.1.2. Altitude

Selon M'hirit (1982), c'est un critère déterminant en montagne, et intègre son propre effet microclimatique et celui de l'étagement de la végétation. Elle a été prélevée par une lecture directe sur un G.P.S (GARMIN, GPS 72).

4.3.2.1.3. Position topographique

Décrire la nature du terrain en se basant sur un certain nombre de critères, tels que:

- | | |
|-------------------|-----------|
| 1.Sommet | 5. Replat |
| 2.Haut de versant | 6. Talweg |
| 3.Mi-versant | |
| 4.Bas de versant | |

4.3.2.1.4. Pente

L'inclinaison du terrain a été déterminée à l'aide d'un clisimètre exprimée en pourcentage.

4.3.2.1.5. Géologie

L'unité géologique de chaque placette a été déduite à partir de la représentation des coordonnées géographiques des placettes sur la carte géologique de l'Algérie au 1/500 000 (Betier et Cornet, 1951) (Figure 21).

4.3.2.2.3. Relevé floristique

Le relevé floristique de chaque espèce a été accompagné d'un coefficient d'abondance-dominance (Braun-Blanquet, 1932) et un coefficient de sociabilité (Gillet, 2000) traduisant l'importance de chaque espèce dans la communauté étudiée.

a. Coefficient d'abondance dominance

Le coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1932), permettant d'apprécier l'importance d'une espèce dans une communauté végétale (Blanquet et Pavillard, 1922), a été utilisé pour la quantification des espèces à l'intérieur de chaque placette.

- 5 : Nombre d'individus quelconque, recouvrant plus de 75% de la surface ;
- 4 : Nombre d'individus quelconque, recouvrant de 50 à 75% de la surface ;
- 3 : Nombre d'individus quelconque, recouvrant de 25 à 50% de la surface ;
- 2 : Individus abondants ou très abondants, recouvrant de 5 à 25% de la surface ;
- 1 : Individus assez abondants, recouvrement inférieur à 5% de la surface ;
- + : Individus peu abondants, recouvrement inférieur à 5% de la surface ;
- r : Individus très rares, recouvrant moins de 1% de la surface.

b. Identification et nomenclature

L'identification et la nomenclature des espèces végétales ont été réalisées à partir de la description reportée dans la flore suivante :

- Nouvelle flore d'Algérie de Quézel et Santa (1962, 1963) ;
- Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara) de Maire (1952-1987) ;
- La Flore du Sahara (Ozenda, 1977).
- L'indice synonymique. Flore d'Afrique du nord de Dobignard et Chatelain (2012-13)

5. Impact de zoochorie sur la régénération du *Juniperus phoenicea*

5.1. Collecte des données

Afin de collecter les graines de *Juniperus phoenicea*, nous avons prospecté les juniperaies de notre zone d'étude pendant les mois de novembre et de décembre 2020 et de Janvier 2021 ; les échantillons acquis : des galbules mûres, des graines dépulpées et des crottes des frugivores sont photographiés sur place et sont mis dans des sacs en papier Kraft, chacun à part, libellés (origine, lieu dit, point GPS et d'autres descriptions utiles). Les données sont récapitulées dans le tableau 16.

Tableau 16 : Récapitulatifs des données caractéristiques des origines des lots des graines expérimentées.

	Massif	Lieu-Dit	Code	Origine de graines	Nombre de graines	Coordonnées géographiques
01	Djellel Chergui	SboaMokrane	Témoin	Graines déulpées manuellement	60	3.3829°E 34.5699°N
02		SboaMokrane	Djellel Becs d'oiseaux	Graines échappées des becs des oiseaux granivores	60	3.3829°E 34.5699°N
03		SboaMokrane	Déulpées partiellement	Graines déulpées partiellement	60	3.3829°E 34.5699°N
04		SboaMokrane	Djellel Merle	Crottes de Merle à plastre (<i>Turdus torquatus</i> Linnaeus, 1758)	10	3.3646°E 34.5549°N
05		SboaMokrane	Djellel Sanglier	Crottes de Sanglier (<i>Sus scrofa</i> Linnaeus, 1758)	60	3.3866°E 34.5696°N
06		SboaMokrane	DjellelMeriones	Crottes d'un Rongeur Mérione de Shaw (<i>Meriones shawii</i> Duvernoy, 1842)	60	3.3609°E 34.5589°N
07		SboaMokrane	Djellel Loup doré	Crottes de loup doré d'Afrique (<i>Canis anthus</i> F.Cuvier, 1820)	14	3.3981°E 34.5622°N
08	Senalba Chargui	Haouas	Haouas Renard	Crottes du Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i> Linnaeus, 1758)	60	3.1218°E 34.6829°N
09		Nakazia	Nakazia Genette	Crottes de Genette (<i>Genetta genetta</i> Linnaeus, 1758)	60	3.1908°E 34.6914°N
10	Senalba Gharbi	Zebache	Zebache Merle	Crottes de Merle à plastre (<i>Turdus torquatus</i> Linnaeus, 1758)	60	3.0528°E 34.5563°N
11		Zebache	ZebacheMeriones	Crottes d'un Rongeur Mérione de Shaw (<i>Meriones shawii</i> Duvernoy, 1842)	60	3.0565°E 34.5767°N
12		Benyakoub	BenyakoubMeriones	Crottes d'un Rongeur Mérione de Shaw (<i>Meriones shawii</i> Duvernoy, 1842)	60	2.8782°E 34.4953°N
13	Sahari Guebli	Chebieka	ChebiekaMeriones	Crottes d'un Rongeur Mérione de Shaw (<i>Meriones shawii</i> Duvernoy, 1842)	60	3.2555°E 34.7327°N
14		Medjedel	Medjedel Sanglier	Crottes de Sanglier (<i>Sus scrofa</i> Linnaeus, 1758)	60	3.6678°E 35.0839°N
15	Sahari Dahri	GueltEstel	GueltEstelMeriones	Crottes d'un Rongeur Mérione de Shaw (<i>Meriones shawii</i> Duvernoy, 1842)	60	3.0288°E 35.1360°N

Pour l'identification de l'origine de crottes récoltées, nous avons basé sur le guide des crottes de Christophe (2015), le comportement de l'animal, l'endroit sur lequel mettent ses crottes.

- Le **Sanglier** est un animal sauvage très abondant dans la zone d'étude, donc ses crottes sont facilement identifiées;
- Le **Mérione de Shaw** : ses crottes sont très abondantes à la proximité de son terrier caractéristique ;
- La **Genette** est un animal discret, il utilise la latrine pour marquer son territoire, qui correspond à des amas de fèces caractéristiques déposés dans un endroit fixe, le plus souvent sur les roches (Tessier et Paillat, 2001 ; Mallil, 2010) ;
- Le **Merle à plastron** : nous nous sommes basé sur le domaine vital des individus de merle, et ainsi la présence d'une partie blanche sur ses crottes ;
- Le **renard roux** et le **loup doré**, ces deux canidés sont peu fréquents dans notre zone d'étude, leurs matières fécales étaient identifiées en fonction de leur taille et de leur forme en suivant la description de Giannakos (1997).

La récupération de graines de *Juniperus phoenicea* à partir des échantillons fécaux des frugivores (Merle à plastron, Sanglier, Mérione de Shaw, Genette, Renard roux et Loup doré) consiste à les émietter doucement entre l'index et le pouce pour examiner leur contenu. Le tri de ce contenu, nous a permis d'identifier et de sélectionner les graines intactes et homogènes du genévrier rouge.

5.2. Tests de germination:

Afin de préparer les graines pour les tests de germination, nous avons procédé, en premier lieu, à un test de viabilité suivant le principe de flottaison dans de l'eau distillée (Willan, 1992). Les graines qui flottent sont éliminées (Belhadj, 1995). En second lieu, une désinfection des graines par trempage dans l'hypochlorite de Sodium (8%) pendant 10 mn, suivie par trois rinçages à l'eau distillée stérile (Nedjimi *et al.*, 2014).

Les 15 lots de graines de *J.phoenicea* qui sont retenus pour la mise en germination, sont disposées dans des boîtes de Pétri stériles de 09 cm (centimètre) de diamètre, sur une double couche du papier-filtre de type Watman imbibé de 5 ml d'eau distillée, à raison de 20 graines par boîte avec 03 répétitions à l'exception des lots de Djellel Merle (10 graines) et Djellel Loup (14 graines) ; les boites sont placées dans un incubateur réglé à une température de 20°C

et une photopériode de 12h/12h. La durée de l'expérience est de 30 jours pendant laquelle, l'humectation et le comptage de nombre de graines germées sont effectués quotidiennement. L'émergence d'une radicule de 1mm de longueur a été utilisée comme signe de germination (Come et Thevenot, 1982 ; Corbineau *et al.*, 1987).

Les paramètres d'expression de germination retenus sont :

- **Taux de germination** : Il est exprimé par le rapport de nombre de graines germées sur le nombre total de graines ensemencées.
- **Vitesse de germination** : elle peut s'exprimer par la durée médiane de germination (Scott *et al.*, 1984) ou par le temps moyen de germination **TMG** (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) (Côme, 1970).

$$\text{TMG} = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 + \dots + N_n T_n}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}$$

TMG : Temps Moyen de Germination

N_n : le nombre de graines germées entre le temps T_{n-1} et le temps T_n ;

T : le nombre des jours après l'ensemencement.

- **Durée de vie latente T1** : c'est le nombre de jours entre la mise en boîte et la germination de la première graine.

6. Analyse statistique :

Les statistiques élémentaires ont été calculées à l'échelle intra et inter-placettes d'échantillonnage. Une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour les attribues dendrométriques des peuplements de *Juniperus phoenicea* afin d'identifier les groupes homogènes des placettes par rapport à la régénération. Par la suite, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée pour visualiser et appuyer (la typologie) des groupes résultant de l'ACP. L'objectif de l'A.C.P est de présenter, sous une forme graphique, le maximum d'informations contenues dans un tableau de données (Guillerm, 1969). Elle permet ainsi d'observer la répartition et le regroupement des espèces et des relevés. Elle rend compte des affinités entre les données traitées statistiquement, soit dans notre cas les stations échantillonnées et les variables dendrométriques.

En outre, l'analyse de la variance est effectuée par le test de Fisher à $\alpha = 5\%$, pour étudier le comportement d'une variable quantitative à expliquer (densité de Régénération) en fonction d'une ou plusieurs variables qualitatives explicatives, suivie par le test de *Tukey* pour identifier les groupes homogènes et caractériser les conditions optimales de la régénération de

Juniperus phoenicea. Chaque moyenne a été affectée d'une lettre, les moyennes suivies d'une même lettre sont significativement homogènes. L'ensemble de ces traitements statistiques ont été réalisées par le logiciel "Statistica 8", et les données géographiques ont été cartographiées à l'aide du logiciel "Map Info 11".

Chapitre IV
Résultats et discussions

1. Caractéristiques de la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea*

1.1. Densité de la régénération

Le nombre de placettes étudiées est de l'ordre de 10 placettes par station. En totalité, 100 placettes, choisies systématiquement, ont été ainsi inventoriées, soit l'équivalent de 4 ha. Le nombre de pieds étudié est égal à 1260 pieds, parmi eux 757 individus portent les caractères de régénération, y compris les stades semis et juvénile.

La régénération de *Juniperus phoenicea* dans la région de Djelfa (Atlas saharien central), se caractérise par une remarquable hétérogénéité aussi bien entre différentes stations qu'à l'intérieur de chaque station. En effet, l'hétérogénéité intra stationnelle se manifeste par une large amplitude de l'effectif de régénération entre les placettes au sein de chaque station, atteignant à titre d'exemple un maximum de 900 plantules/ha et un minimum de 0 plantules/ha dans le cas de la station Dréoua (St08). Cependant, un tiers des placettes ont un effectif de régénération moins ou égal à 03 plantules/placette. En revanche, seulement 10% des placettes présentent un effectif de régénération supérieur ou égale à 20 plantules/placette, correspond à 500 plantules/ha.

Pour mieux visualiser l'hétérogénéité inter et intra stationnelle des juniperaies des différentes stations, nous avons représenté sur le tableau 17 et la figure 22 la distribution moyenne de régénération par station.

L'hétérogénéité inter stationnelle s'exprime par la densité moyenne de régénération des peuplements de *J. phoenicea*. Elle varie entre $0,8 \pm 0,63$ plantules par placette soit l'équivalent de $20 \pm 15,8$ plantules /ha, dans le cas de la station Gouttaia (St04) et $16,7 \pm 11,68$ plantules par placette soit l'équivalent de $417,5 \pm 292,04$ plantules/ha dans la station Dréoua (St08). La densité moyenne de régénération des peuplements de *J. phoenicea* dans les peuplements étudiés est 164,4 plantules /ha (voir tableaux 17).

Tableau 17 : Caractéristiques de la régénération naturelle de *J. phoenicea* dans la région de Djelfa (Atlas saharien central).

Station	Stade	Moyen/placette	Max	min	Densité R°/ha	Densité (adulte/ha)	Indice de régénération (IR)
Haoues St01	semis	1,1±0,74	2	0	27,5	102,5	2,2
	juvénile	7,9±6,54	22	3	197,5		
	densité/400	9±6,45	22	4	225		
Nakazia St02	semis	1,6±2,46	7	0	40	165	0,98
	juvénile	4,9±2,92	11	2	122,5		
	densité/400	5,6±3,57	12	3	162,5		
Zabache St03	semis	6,6±6,02	21	0	165	115	2,8
	juvénile	6,3±4	13	0	157		
	densité/400	12,9±9,3	33	1	322		
Gouttaia St04	semis	0,1±0,32	1	0	2,5	65	0,31
	juvénile	0,7±0,67	2	0	17,5		
	densité/400	0,8±0,63	2	0	20		
Saboia Mokrane Nord St05	semis	2,5±1,58	5	0	62,5	177,5	1,63
	juvénile	9,1±6,95	26	3	227,5		
	densité/400	11,6±7,6	29	3	290		
Saboia Mokrane Sud St06	semis	0,2±0,63	2	0	5	82,5	1,06
	juvénile	3,3±1,25	6	2	77,5		
	densité/400	3,5±1,78	8	2	87,5		
Chebeika St07	semis	0,1±0,32	1	0	2,5	137,5	0,58
	juvénile	3,1±1,73	5	0	77,5		
	densité/400	3,2±1,87	6	0	80		
Dreoua St08	semis	9,2±8,44	25	0	230	107,5	3,88
	juvénile	7,5±9,3	31	0	187,5		
	densité/400	16,7±11,68	36	0	417,5		
Medjedel St09	semis	2,3±3,59	11	0	57,5	117,5	1,62
	juvénile	5,3±2,71	11	2	132,5		
	densité/400	7,6±3,77	15	2	190		
Gueltet Stell St10	semis	0,4±0,7	2	0	10	187,5	0,52
	juvénile	3,5±3,06	11	0	87,5		
	densité/400	3,9±3,11	11	0	97,5		

Une différence très hautement significative de la répartition de densité moyenne de la régénération naturelle de *J. phoenicea* entre les stations étudiées a été enregistrée (ANOVA : $F(9; 90) = 49.119, p=0,0000$) (Figure 22). Les densités moyennes de régénération les plus élevées sont observées dans les stations St08, St05 et St03 avec $417,5 \pm 292,04$; $290 \pm 190,1$ et $322,5 \pm 232,57$ plantules/ha, respectivement. En revanche, les valeurs de la densité moyenne de régénération les plus faibles correspondent aux juniperaies des stations St04, St07, St06 et St10 soit $20 \pm 15,8$; $80 \pm 46,85$; $87,5 \pm 44,49$ et $97,5 \pm 77,68$ plantules/ha, respectivement, tandis que, les juniperaies des stations St09, St02 et St01 sont remarquables par des densités moyennes de régénération intermédiaires soit $190 \pm 94,43$; $162,5 \pm 212,28$ et $225 \pm 161,16$ plantules/ha, respectivement.

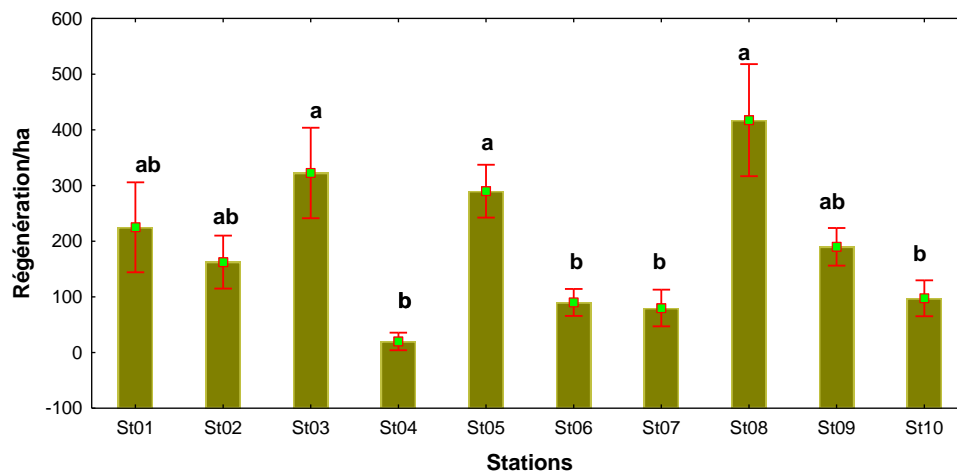


Figure 22 : Répartition de la densité moyenne de régénération naturelle des peuplements de *Juniperus phoenicea* dans la région de Djelfa (Atlas saharien central)

Les barres représentent la moyenne \pm Ecart type et les différentes lettres au-dessus des barres indiquent une différence très hautement significative à ($p < 0,05$ selon le test de Tukey. (Résultats de l'ANOVA : $F(9; 90) = 49.119, p=0,0000$)

On note aussi, un faible effectif de semis dans les stations qui marquent une faible densité moyenne de régénération, citées auparavant, compris entre 2,5 et 10 semis/ha. De même, une chute spectaculaire dans les proportions moyennes des semis par rapport aux juvéniles est remarquée dans les différentes stations étudiées à l'exception de la station St03 et St08 dont le rapport semis/juvenile dans celles-ci est supérieur à 1 avec des valeurs respectivement : 165/157 et 230/187,5.

Cette faible abondance de semis est similaire aux résultats rapportés par Farahat (2020) dans le nord du Sinäi, en Égypte. Cela suggère que les conditions environnementales lors de l'établissement des jeunes plants n'ont pas été favorables à leur survie et à la régénération de la population ces dernières années.

1.2. Densité moyenne du peuplement

Une différence très hautement significative de la répartition de la densité moyenne de peuplement de *J. phoenicea* a été enregistrée entre les stations étudiées (ANOVA : $F(9; 90) = 14.344$, $p=0,00000$) (Figure 23).

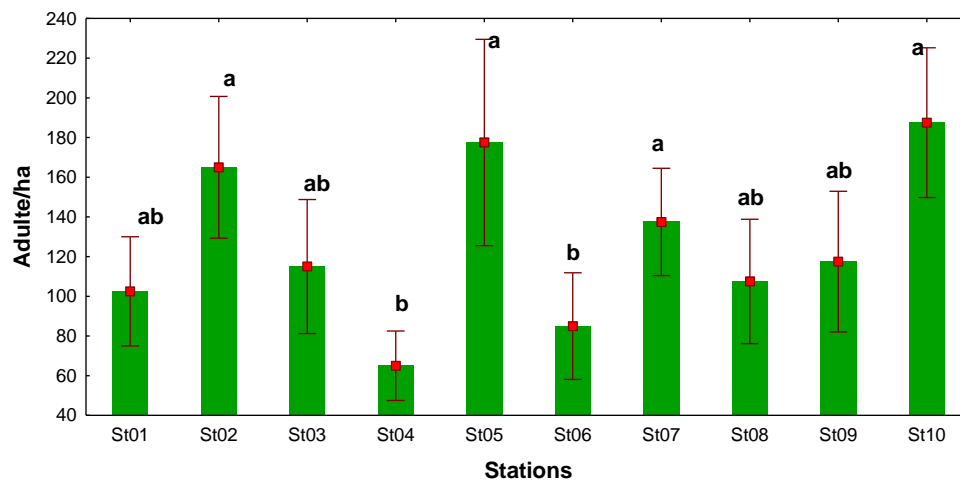


Figure 23 : Répartition de la densité moyenne des peuplements de *Juniperus phoenicea* dans la région de Djelfa (Atlas saharien central).

Les barres représentent la moyenne \pm Ecart type et les différentes lettres au-dessus des barres indiquent une différence très hautement significative à ($p < 0.05$ selon le test de Tukey (ANOVA : $F(9; 90) = 14.344$, $p=0,00000$))

Les valeurs de densité moyenne du peuplement les plus élevées correspondent aux catégories âgées (Figure 24); présentant la floraison et la fructification, y compris adultes et sénescentes ; des stations St02, St05, St10 et St07 sont supérieures à 130 arbres/ha avec respectivement 165 ; 177,5 ; 187,5 et 137,5 arbres/ha. En revanche, dans les stations St04 et St06, la densité moyenne est faible, elle compte seulement 65 et 82,5 arbres /ha, respectivement. Les stations St01, St03, St08 et St09, quant à elles, présentent une densité moyenne intermédiaire qui oscille entre 100 et 130 arbres /ha.

Farahat (2020) signale dans le nord de Sinai des densités moyenne pour la même espèce variant de 86,3 à 152,7 individus par hectare. Par contre, ces valeurs sont plus faibles que celles signalées dans les peuplements littoraux ; En Lybie, dans les montagnes de Al-Akhdar ; la densité des peuplements de *J. phoenicea*, varie de 24 à 26 arbres /100 m² (Kabieli *et al.*, 2016) ; de la même manière, Tsiourlis (1992) a signalé une densité de 554 arbres /ha, en Grèce.

Sarangzai *et al.*, (2012) signalent une densité pour *J. Excelsa* variant entre de 29 et 268 arbres /ha avec une moyenne de 176 ± 77 arbres /ha ; tandis que, de faibles densités ont été observées au Liban, pour la même espèce (*J. Excelsa*) variant entre 45 à 147 arbres/ha

(Douaihy *et al.*, 2013). Badri (2003), quant à lui, a constaté une densité moyenne pour *J. thurifera* au Maroc atteignant 201 arbres /ha, qui oscille entre 100 et 292 arbres /ha.

De plus, la densité moyenne de la catégorie sénescente est faible dans toutes les stations et ne dépasse pas 32 arbres/ha. Malgré sa faible densité (65 arbres/ha), la catégorie sénescente de la station St04 représente 50% de la densité moyenne de *J. phoenicea*. On observe également que la densité moyenne du peuplement est plus élevée sur le versant nord du Djellal chargui, avec 177,5 arbres/ ha, par rapport au versant sud du même relief (82,5 arbres/ ha).

Une variation importante de la répartition de la densité moyenne de *J. phoenicea* des catégories d'âge d'une station à une autre, cependant, les densités moyennes des catégories âgées des stations St02, St04, St06, St07 et St 10 sont supérieures à celles des juvéniles.

A l'inverse, les densités des catégories les plus jeunes (semis et juvéniles) des stations St01, St03, St05, St08 et St09 sont plus élevées par rapport aux catégories plus âgées.

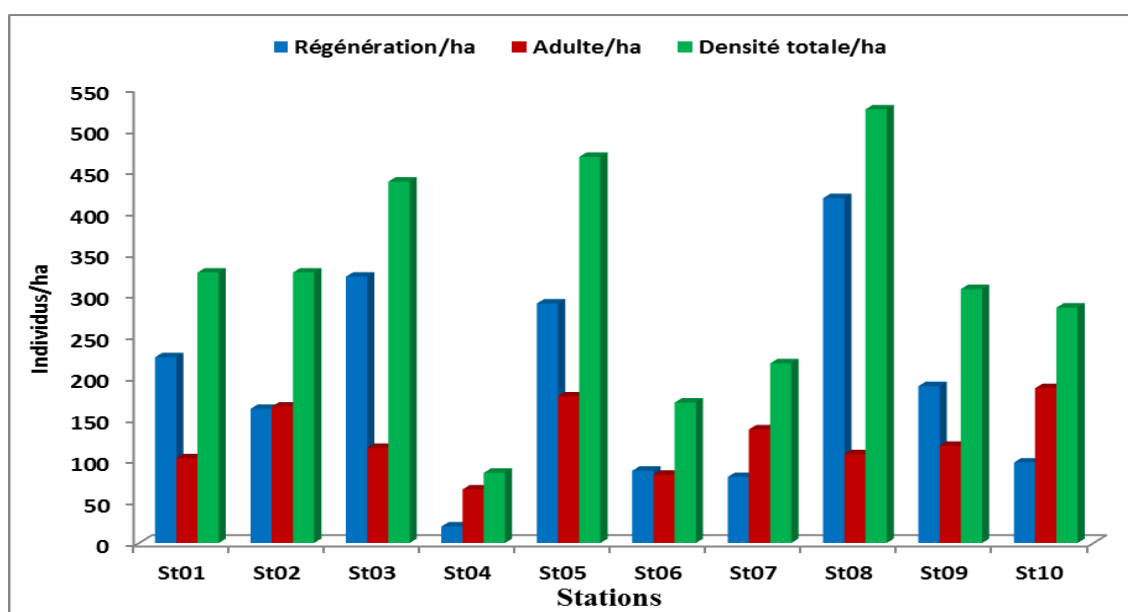


Figure 24: Structure des peuplements de *Juniperus phoenicea* par station.

1.3. Indice de régénération

L'indice de régénération montre une tendance différente selon les stations (tableau 17). Les valeurs les plus faibles sont observées pour les stations St4, St10 et St7 avec respectivement, 0,30 ; 0,52 et 0,58 juvéniles/adulte. Ce faible taux de régénération est également signalé dans des régions comme l'Egypte, la Lybie (Farhat, 2020 ; Dakhil *et al.*, 2022), de même pour le *J. excelsa* en Grèce, Pakistan, Oman et Liban (Ahmed *et al.* 1990 ;

Fisher et Gardner, 1995 ; Milios *et al.* 2006). Les taux de régénération les plus élevés sont observés pour les stations St01, St03 et St08 avec respectivement, 2,19 ; 2,80 et 3,80 juvéniles/adulte. Les taux de régénération intermédiaires sont remarqués pour les stations St06, St02, St09 et St05 avec respectivement 1,06 ; 0,98 ; 1,60 et 1,63 juvéniles/adulte.

La densité de régénération du *J. phoenicea* dans l'atlas saharien central semble apparaitre très basse par rapport à son voisin *J. excelsa* comme indiqué au Pakistan (Saranzai *et al.*, 2012) pour un peuplement de densité moyenne de 176 arbres/ha, la densité de régénération dépasse souvent le seuil de 6400 juvéniles/ha. Matney et Hodges (1991) rapportent une densité d'environ 2000 pieds / ha comme une densité minimale requise pour considérer la régénération réussie.

Les histogrammes de densité des distributions de catégories d'âge (Figure 25) sont de bons indicateurs des tendances futures de populations pour les stations étudiées ; Cependant, les populations de *J. phoenicea* [St(01, 03, 05, 08 et 09)] sont caractérisées par la prépondérance de jeunes individus, y compris les deux stades semis et juvénile, soit 69%, 74%, 62%, 80% et 62%, respectivement, montrant une distribution asymétrique positive (courbe en forme de L) qui est généralement considérée comme un indicateur de populations auto-remplaçantes. Ce fort taux de recrutement montre un schéma similaire à celui des populations, de *J. communis* atlantiques, nord-européennes et boréales (Falinski, 1980 ; Rosèn, 1988 ; Austad et Hauge, 1990 ; Marion et Houle, 1996 ; Garcia *et al.*, 1999). A l'inverse, une distribution asymétrique négative (courbe en forme de J) de *J. phoenicea* des populations [St (02, 04, 06, 07 et 10)] indique la dominance des individus matures (adultes et surtout sénescents) sur les juvéniles soit 50,4%, 77%, 51%, 63% et 66%, respectivement. Cette répartition caractérise une population en déclin ; parce que la population a une grande proportion d'individus plus grands que d'individus plus petits (c'est-à-dire une capacité de régénération limitée). Cela peut indiquer une forte limitation du recrutement du génévrier dans ces habitats. Ce goulot d'étranglement de la régénération peut être imposé par plusieurs facteurs qui ne s'excluent pas l'un l'autre. La régénération limitée dans les stations St02, St07 et St10 peut être due au fait que ces stations atteignent leurs capacité maximale, dont les génévriers occupent le moindre interstice dans les fissures de la roche gréseuse, qui est caractérisée par un fort recouvrement par l'affleurement de la roche mère ; ces affleurements peuvent atteindre dans certaines placettes 70%, surtout dans la St10.

En outre, ces trois stations, sur sol siliceux qui sont défavorables, par leur faible capacité de rétention hydrique et parfois par leur pauvreté en éléments nutritifs (Ripert et Vennetier, 2002 ; Badri, 2003 ; Dakhil *et al.*, 2022). Ainsi, Sarmoum *et al.* (2020) affirment que les peuplements sur substrat gréseux sont plus sensibles aux aléas et aux changements climatiques que les peuplements sur un sol calcaires ou marno-calcaires. Farahat (2020) a montré que la régénération des populations est limitée à quelques habitats où les sols ont une grande capacité de stockage de l'eau. Il a été observé que les populations de genévrier diminuent avec l'augmentation de la sécheresse dans le sud de l'Arabie saoudite, à Oman et en Égypte (Fisher et Gardner, 1995 ; Gardner et Fisher, 1996 ; Fisher, 1997 ; Youssef *et al.*, 2014). Ainsi, la St06 se situe dans l'adret du Djebel Djellal Chargui avec un recouvrement qui ne dépasse pas les 10 % avec une densité de 82,5 arbres/ha ; ce versant met en évidence les conséquences de l'exposition, en comparaison avec l'ubac du même massif forestier où la densité atteint 177,5 arbres/ha. Les effets néfastes du stress hydrique, introduit par l'exposition, sur l'installation et la persistance du *J. phoenicea* dans ces conditions assez précaires.

En effet, à l'échelle du versant, les variations sont liées au bilan radiatif et à l'écoulement des masses d'air ; le rayonnement est plus fort dans la journée sur les adrets que sur les ubacs, engendrant des ascendances d'air chaud, et pendant la nuit l'air froid s'accumule dans les vallées (Ripert et Vennetier, 2002). Enfin, la station St04 est une station altitudinale de plus 1550 m, a une exposition nord et se trouve au-dessus de l'étage bioclimatique potentiel du pin d'Alep dans la zone d'étude. Les circonstances nécessaires à l'installation de vieux sujets du *J. phoenicea* ne sont pas maintenues pour assurer sa régénération sur place.

Dans cette formation végétale, caractérisée par la présence d'espèces de haute altitude telles que *Bupleurum spinosum*, *Ephedra major*, *Artemisia atlantica* et *Prunus prostrata*, on assiste à une résistance à l'installation du *J. phoenicea*, qui cède la place à d'autres espèces plus mésoclimatiques (*Quercus ilex*, *Pistacia terebinthus*, ...).

En effet, une fréquence très forte de juvéniles dans une population peut traduire une compétition très marquée au niveau des individus adultes des arbres (Coussy *et al.*, 2013). C'est ce que nous avons remarqué sur les stations St03 et St08, toutes les deux sont dominées par des individus très jeunes. Or, ces deux peuplements se situaient en pinède de pin d'Alep.

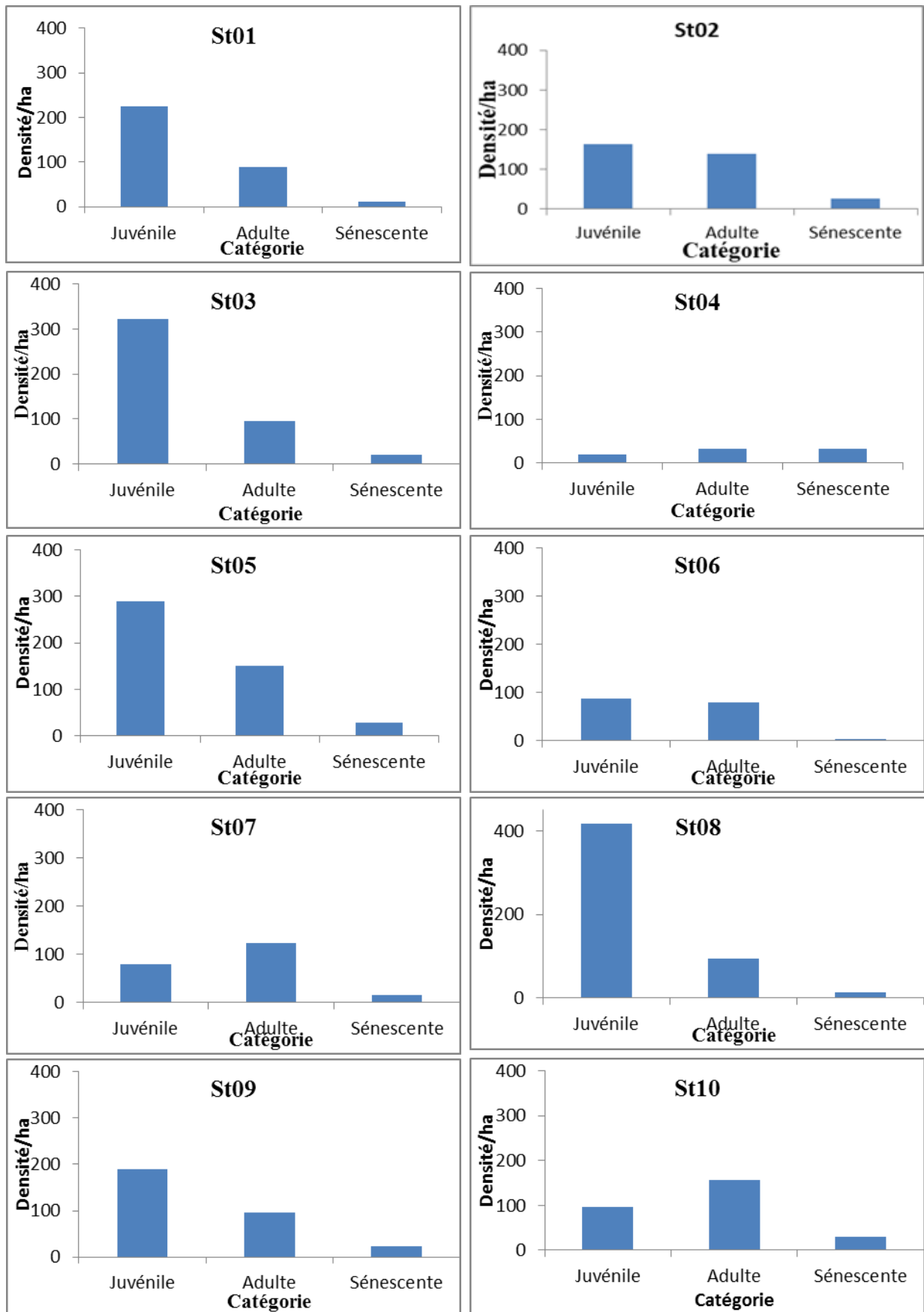


Figure 25: Répartition de la densité moyenne des populations du *Juniperus phoenicea* selon les catégories d'âge dans l'Atlas saharien central

1.4. Distribution de la hauteur de la régénération de *Juniperus phoenicea*

L'étude de la distribution de la régénération par classe des hauteurs des différents peuplements des stations étudiées est représentée sur la figure (26). La distribution des hauteurs de la régénération des peuplements étudiées, relevées pour les stations St01, St02, St04, St05, St07, St09 et St10 sont assez semblables. Ces peuplements sont caractérisés par un faible recrutement d'individus de moins de 0,5 m de hauteur par rapport aux catégories ultérieures. Ces peuplements semblent ne plus se régénérer depuis quelques années. Si la raison principalement évoquée c'est la vague de la sécheresse des dernières années doublé d'une aridité édaphique amenée par les activités anthropogènes (surpâturage, prélèvement de bois et l'érosion).

Des phénomènes semblables ont été observés dans d'autres peuplements de genévriers comme le genévrier Thurifère au Maroc (Badri *et al.*, 2003). En revanche, les stations St03 et St08 sont caractérisées par une densité remarquable en semis soit 66 et 92 plantules/ha, respectivement.

Cette récente régénération du *Juniperus phoenicea* est favorisée par le maintien des ambiances forestières induites par les reliques de pin d'Alep existant sur place. Ainsi, on note aussi que la classe de hauteur 0,5-1m est la plus représentée dans toutes les stations, cette classe de hauteur représente presque la moitié des jeunes individus de peuplements des stations St02, St07 et St10.

La distribution de la régénération par classe de hauteur des peuplements de la station St05 semble homogène ; La densité de régénération du peuplement de la station St4 est très faible.

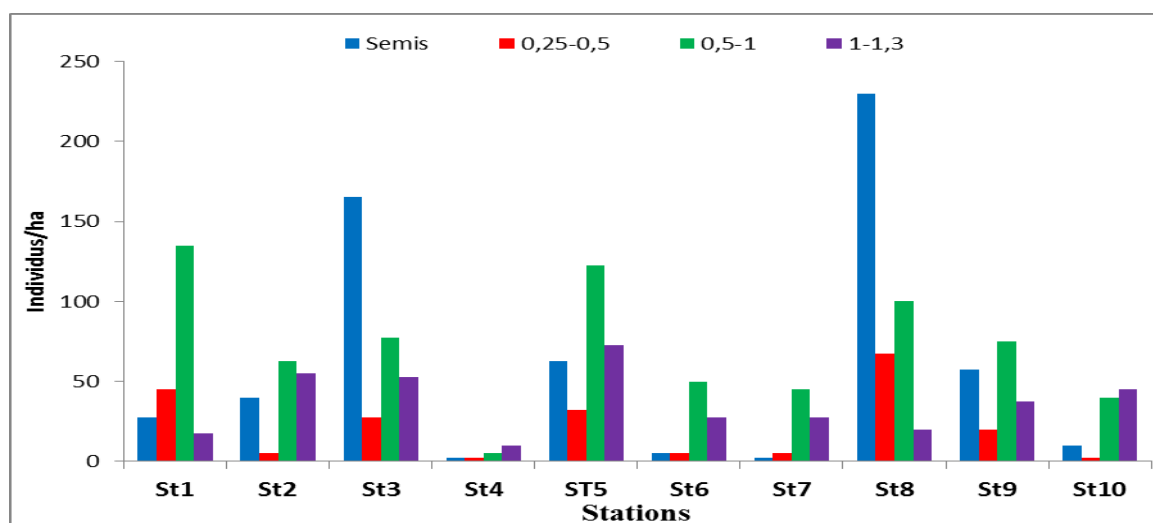


Figure 26: Répartition de la régénération par classes de hauteur

2. Structure d'âge et table de survie statique

Sur la base de la structure d'âge et de la table de survie statique de *Juniperus phoenicea* dans la région d'étude, les arbres sénescents ont une forte probabilité de mourir dans un avenir proche ($q_x = 1,00$).

Ces arbres représentaient 3,8 % ; 6,4% ; 4,6% ; 38,2% ; 5,9% ; 1,5% ; 6,9% ; 2,4% ; 7,3% et 10,5% des arbres échantillonnés à Haouas (St01), Nakazia (St02), Zabache (St03), Goutaia (St04), Djellel chargui nord (St05), Djellel chargui sud (St06), Chebeika (St07), Dreoua (St08), Medjedel (St09) et Gueltet stell (St10), respectivement. En regroupant les dix stations, les arbres sénescents représentaient 6,2% de l'ensemble des arbres échantillonnés, tandis que les semis et les juvéniles constituaient 20% et 40%, respectivement de l'ensemble des arbres échantillonnés.

Les différences de structure d'âge entre les différentes stations sont significatives (tableau 18). Les valeurs maximales du taux de mortalité des semis (q_x) apparaissent dans les stations St03 et St08, avec respectivement 38% et 44%.

L'espérance de vie (e_x) du *J. phoenicea* des dix stations étudiées, décroît rapidement au stade semis surtout dans les stations St04, St07 et St10 ; Elle continue à diminuer progressivement et considérablement après l'établissement des semis, ce qui indique que les individus qui se sont établis ont de faibles chances de survivre jusqu'aux les catégories ultérieures.

Tableau 18: Table de survie statique des populations des différentes stations étudiées ainsi que des populations regroupées de *J. phoenicea*.

STATION 01 HAOUAS									
	N _x	a	l _x	L _x	T _x	e _x	d _x	q _x	f
Semis	11,00	131,00	1000,00	958,00	1767,17	1,77	84,00	0,08	0,08
Juvénile	79,00	120,00	916,00	614,50	809,17	0,88	603,00	0,66	0,60
Adulte	36,00	41,00	313,00	175,59	194,67	0,62	274,83	0,88	0,28
Sénescence	5,00	5,00	38,17	19,09	19,09	0,50	38,17	1,00	0,04
STATION 02 NAKAZIA									
Semis	16,00	131,00	1000,00	939,00	1958,34	1,97	122,00	0,12	0,23
Juvénile	49,00	115,00	878,00	691,00	1019,34	1,16	374,00	0,43	0,34
Adulte	56,00	66,00	504,00	290,17	328,34	0,65	427,66	0,85	0,36
Sénescence	10,00	10,00	76,34	38,17	38,17	0,50	76,34	1,00	0,06
STATION 03 ZABACHE									
Semis	66,00	175,00	1000,00	811,40	1431,30	1,43	377,20	0,38	0,38
Juvénile	63,00	109,00	622,80	442,80	619,90	1,00	360,00	0,58	0,36
Adulte	38,00	46,00	262,80	154,25	177,10	0,67	217,10	0,83	0,22
Sénescence	8,00	8,00	45,70	22,85	22,85	0,50	45,70	1,00	0,05

STATION 04 GOUTAIA									
Semis	1,00	34,00	1000,00	985,00	2616,70	2,62	30,00	0,03	0,03
Juvénile	7,00	33,00	970,00	867,35	1631,70	1,68	205,30	0,21	0,21
Adulte	13,00	26,00	764,70	573,35	764,35	1,00	382,70	0,50	0,38
Sénescente	13,00	13,00	382,00	191,00	191,00	0,50	382,00	1,00	0,38
STATION 05 DJELLEL CHARGUI NORD									
Semis	25,00	187,00	1000,00	933,15	1804,80	1,80	133,70	0,13	0,13
Juvénile	91,00	162,00	866,30	623,00	871,65	1,01	486,60	0,56	0,49
Adulte	60,00	71,00	379,70	219,25	248,65	0,65	320,90	0,85	0,32
Sénescente	11,00	11,00	58,80	29,40	29,40	0,50	58,80	1,00	0,06
STATION 06 DJELLEL CHARGUI SUD									
Semis	2,00	68,00	1000,00	985,25	1970,50	1,97	29,50	0,03	0,03
Juvénile	33,00	66,00	970,50	727,90	985,25	1,02	485,20	0,50	0,49
Adulte	32,00	33,00	485,30	250,00	257,35	0,53	470,60	0,97	0,47
Sénescente	1,00	1,00	14,70	7,35	7,35	0,50	14,70	1,00	0,01
STATION 07 CHEBEIKA									
Semis	1,00	87,00	1000,00	994,25	2189,70	2,19	11,50	0,01	0,01
Juvénile	31,00	86,00	988,50	810,35	1195,45	1,21	356,30	0,36	0,36
Adulte	49,00	55,00	632,20	350,60	385,10	0,61	563,20	0,89	0,56
Sénescente	6,00	6,00	69,00	34,50	34,50	0,50	69,00	1,00	0,07
STATION 08 Dreoua									
Semis	92,00	210,00	1000,00	780,95	1291,46	1,29	438,10	0,44	0,44
Juvénile	75,00	118,00	561,90	383,83	510,51	0,91	356,14	0,63	0,36
Adulte	38,00	43,00	205,76	114,78	126,68	0,62	181,96	0,88	0,18
Sénescente	5,00	5,00	23,80	11,90	11,90	0,50	23,80	1,00	0,02
STATION 09 MEDJEDEL									
Semis	23,00	123,00	1000,00	906,50	1768,28	1,77	187,00	0,19	0,19
Juvénile	53,00	100,00	813,00	597,56	861,78	1,06	430,89	0,53	0,43
Adulte	38,00	47,00	382,11	227,64	264,23	0,69	308,94	0,81	0,31
Sénescente	9,00	9,00	73,17	36,59	36,59	0,50	73,17	1,00	0,07
STATION 10 GUELTET STELL									
Semis	4,00	114,00	1000,00	982,45	2228,10	2,23	35,10	0,04	0,04
Juvénile	35,00	110,00	964,90	811,40	1245,65	1,29	307,00	0,32	0,31
Adulte	63,00	75,00	657,90	381,60	434,25	0,66	552,60	0,84	0,55
Sénescente	12,00	12,00	105,30	52,65	52,65	0,50	105,30	1,00	0,11
Stations regroupées									
Semis	261,00	1284,00	1000,00	898,35	1750,70	1,75	203,30	0,20	0,20
Juvénile	520,00	1023,00	796,70	594,20	852,35	1,07	405,00	0,51	0,40
Adulte	423,00	503,00	391,70	227,00	258,15	0,66	329,40	0,84	0,33
Sénescente	80,00	80,00	62,30	31,15	31,15	0,50	62,30	1,00	0,06

x : Catégorie d'âge considérée au moment du recensement ; **N_x** : Nombre d'arbres individuels vivant dans la catégorie d'âge x ; **ax** : Nombre de survivants au début de la catégorie d'âge x ; **lx** : Nombre de survivants dans chaque catégorie standardisé à 1000 ; **L_x** : Nombre moyen d'individus survivants (de x à x + 1) ; **T_x** : Nombre total d'individus vivants à la catégorie d'âge x et au-delà ; **ex** : Espérance de vie d'un individu entrant dans la catégorie d'âge x ; **dx** : Nombre d'individus décédés pendant les deux catégories d'âge adjacentes ; **qx** : Taux de mortalité dans la catégorie d'âge x, permettant de déterminer les âges présentant le plus grand risque de mortalité.

2.1. Analyse de la survie des populations de *Juniperus phoenicea*:

Afin d'expliquer la tendance de changement de la dynamique de la population du *Juniperus phoenicea*, nous avons tracé des graphiques de la :

- **Fonction de survie**, sur la base des valeurs des nombres de survie de la population (l_x) et de leurs catégories d'âge correspondantes issues de la table de survie statique (Figure 27) ;
- **Fonction de mortalité**, sur la base de taux de mortalité dans la catégorie d'âge x (q_x) et de leurs catégories d'âge correspondantes issues de la table de survie statique (Figure 28).

Pour les stations St02, St04, St07 et St10, le taux de survie (l_x) est élevé pour les individus de jeunes catégories ; $l_x=1,00$ pour la catégorie semis et $l_x=97\%$, $98,85\%$ et $96,49\%$ respectivement pour la catégorie juvéniles ; Le taux de mortalité (q_x) est élevé pour les individus des catégories ultérieures c.-à-d. adultes soit 50% , 89% et 84% , respectivement et sénescents ($q_x=100\%$). En revanche, le taux de survie (l_x) des stations : St03 et St08 présente un déclin rapide au stade initial (catégories semis) avec respectivement, 38% et 44% , et est relativement stable par la suite, ce qui se traduit par une mortalité extrêmement élevée en début de vie. En raison de la forte mortalité précoce des individus, l'espérance de vie est faible. De plus, l'allure de la courbe de survie de la station St01, montre une déformation affectant la forme réelle de la courbe de survie. Cette fluctuation peut être due au déficit dans le recrutement de nouveaux individus dans ces dernières années.

Les stations St05, St06 et St09 montrent une tendance à la diminution progressive du nombre d'individus à mesure que la catégorie d'âge augmente, ce qui indique qu'elles ont le même taux de mortalité tout au long de leurs durées de vie.

L'analyse des 10 courbes de survie de nos stations (Figure 27), a permis de conclure que la structure d'âge des peuplements de *J. phoenicea* dans la région d'étude, prend les 03 formes de la courbe de survie suggérées par Deevey (1947), selon la dynamique de la formation végétale considérée et les conditions environnantes (exogènes et endogènes) ; dont la courbe de survie des populations des stations St02, St04, St10 et St07 présente une corrélation plus élevée avec la courbe de type I de Deevey, et on peut voir clairement que la courbe de survie des populations des stations : St05, St06 et St09 est un type significatif Deevey II qui est diagonal, et le taux de mortalité est stable tout au long des étapes de développement de la population. Enfin, pour les stations St01, St03 et St08 correspond à la courbe de type III de Deevey.

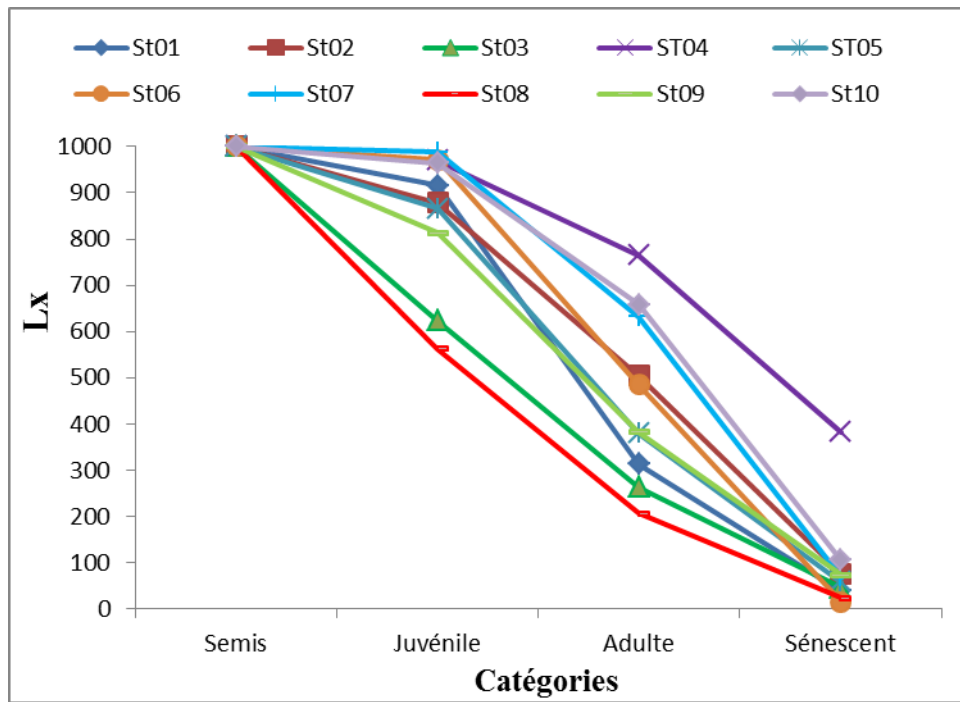


Figure 27: Courbes de taux de survie des populations de *Juniperus phoenicea* des stations étudiées dans l'Atlas saharien central.

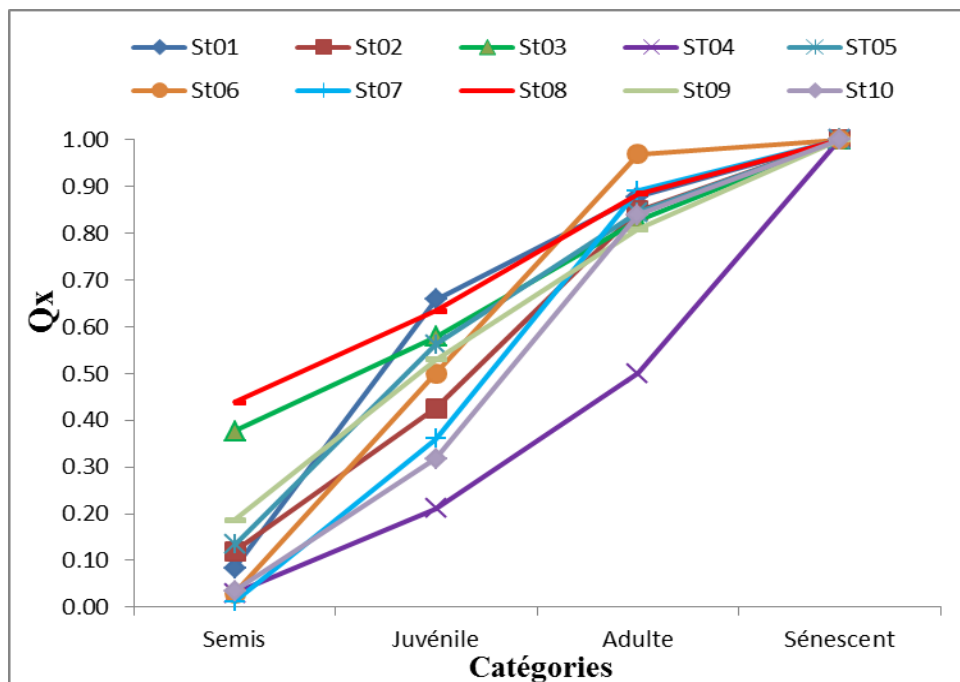


Figure 28: Courbes de taux de mortalité des populations du *Juniperus phoenicea* des stations étudiées dans l'Atlas saharien central.

Les valeurs de l'espérance de vie (e_x) les plus élevées apparaissent dans les catégories les plus jeunes, y compris semis et juvéniles, des stations St04, St07 et St10 avec respectivement, (2,62 ; 1,68) , (2,19 ; 1,21) et (2,23 ; 1,29) ; Tandis que, les stations St01,

St03 et St08 ne présentent que des faibles valeurs des jeunes catégories soit respectivement : (1,77 ; 0,88) , (1,43 ; 1,00) et (1,29 ; 0,91), ce qui indique que les individus qui se sont établis ont de faibles chances de survivre jusqu'aux catégories ultérieures. Sachant que l'espérance de vie (e_x) de la catégorie adulte est presque identique, elle oscille entre 0,53 à 0,69. On constate également que l'espérance de vie de la catégorie sénescence des dix stations est identique et les individus de cette catégorie ont la même chance de survie ($e_x = 0,5$).

3. Espèce nurse

3.1. Répartition des individus juvéniles de *J. phoenicea* selon leur emplacement

Dans l'ensemble, en combinant toutes les stations, l'analyse de la répartition des individus juvéniles de *J. phoenicea* selon leur emplacement (Figure 29) par rapport aux individus ligneux de la communauté soit sous la canopée des adultes (espèce nurse) ou bien dans un espace dégagé montre que *Pinus halepensis* et les arbres mères de *J. phoenicea* semblent les espèces nurses les plus importantes des individus juvéniles. Cependant, le *J. phoenicea* abrite 32%, *P. halepensis* 23% alors que 31% des plantules se sont installés et se sont développés dans un espace libre. Ce qui suggère que le *J. phoenicea* peut s'établir à la fois en lumière et à l'ombre et que la facilitation n'est pas le principal mécanisme dans la régénération du *J. phoenicea*. Un constat similaire a été mentionné par Stampoulidis *et al.* (2023) sur *J. excelsa* en Grèce. Les auteurs ont constaté que *J. excelsa* peut s'établir à la fois en lumière et à l'ombre.

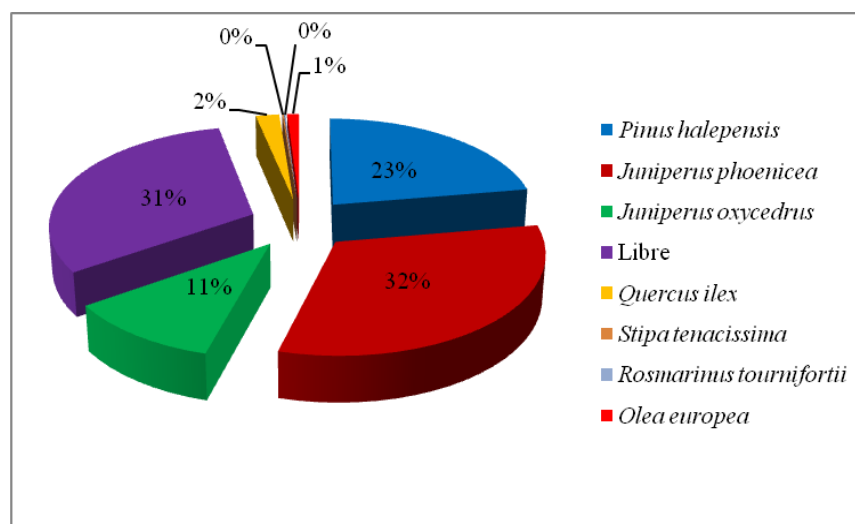


Figure 29: Répartition des individus juvéniles de *J. phoenicea* selon leur emplacement.

Selon Ahmed *et al.* (1990), au Pakistan, les semis de *J. excelsa* se trouvaient à proximité de groupes d'arbres parents et également près de zones buissonnantes denses. Selon Coussy *et al.* (2013), après la germination, l'ombrage créé par les plantes nourricières protège les semis de la dessiccation en diminuant la température au sol et en équilibrant la balance hydrique. Pour ces semis, le plus difficile est la première année, mais sur le long terme ces derniers en croissance sous les adultes vont souffrir de la compétition pour la lumière, l'eau et la matière organique. Selon Milios *et al.* (2007), La facilitation par les plantes nourricières est liée à la création de certains microhabitats avec un microclimat favorable, une quantité adéquate de litière de plantes nourricières, des conditions de sol améliorées et une haute fertilité du sol (Franco et Nobel 1988; Callaway *et al.*, 1991; Belsky, 1994; Pugnaire *et al.*, 1996; Holmgren *et al.*, 1997; Moro *et al.*, 1997; Wied et Galen, 1998; Siemann et Rogers, 2003). De plus, un moyen significatif pour les plantes nourricières de faciliter la régénération et de protéger les semis du pâturage (Jaksic et Fuentes, 1980 ; Callaway, 1992 ; Auld, 1995 ; Rousset et Lepart, 2000). Dans de nombreuses études, le mécanisme de facilitation est lié à l'effet positif simultané de plusieurs facteurs, tels que la protection de la canopée contre du pâturage, l'ombrage, la protection contre la sécheresse estivale, les températures de surface du sol favorables, etc. (Franco et Nobel 1988 ; Rousset et Lepart, 2000 ; Garcia et Obeso, 2003 ; Tecco *et al.*, 2006).

Notre observation de terrain a montré que plusieurs genévriers étaient disposés « en couronne » autour de souches de *P. halepensis* et/ou de *J. phoenicea* (Figure 30). Stampoulidis *et al.* (2023) signalent que la facilitation peut influencer le succès de l'établissement des plantes. Badano *et al.* (2016), O'Brien *et al.* (2019), Collins *et al.* (2019), Lucero *et al.* (2019), Petrou et Milios (2020) et Duarte *et al.* (2021), ont montré que la densité du genévrier grec diminuera dans un milieu de type structural fermé par rapport à celui avec de petites ouvertures.

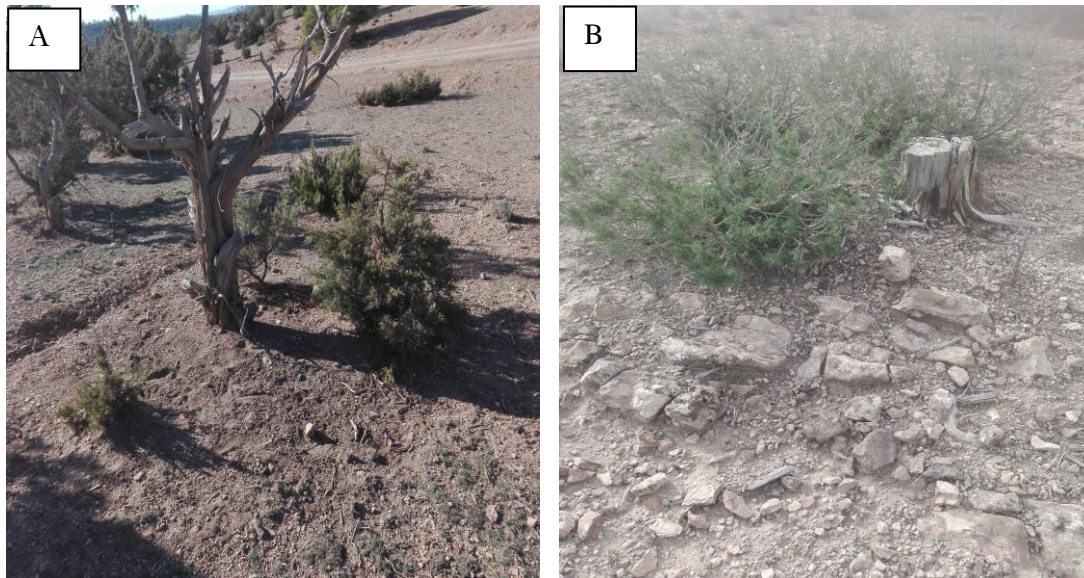


Figure 30 : Disposition de junipères en couronne autour de souches de *P. halepensis* (St01) (a) et/ou de *J. phoenicea* (St05) (b) (photo Benaberrahmane, A 2021).

3.2. Effet de station sur l'emplacement de juvéniles de *J. phoenicea*

L'étude de la répartition de juvéniles de *J. phoenicea* selon leur emplacement et selon les stations, nous a permis de déduire :

- Les juvéniles de *J. phoenicea* apparaissent fréquemment sous l'abri de leurs arbres géniteurs dans la quasi-totalité des stations étudiées, cependant 76% des juvéniles de la station St02 sont installés sous les adultes ;
- Dans le matorral de juniperaies de faible recouvrement de végétation, un pourcentage important des plantules de *J. phoenicea* libres varie de 09 à 100%, est enregistré dans toutes les stations étudiées. Ces plantules sont installées et se sont développées dans l'espace libre loin de toute influence des semencières et d'autres espèces ligneuses.
- *P. halepensis* abrite une portion importante de juvéniles de *J. phoenicea* (figure 31) ; elle atteint 41% dans les stations où *P. halepensis* est considérablement dominant dans certaines de leurs placettes, en l'occurrence, les stations St08, St01, St09, St03, St05 et St06 ;
- *Olea europea* est une espèce exclusive et dominante dans plusieurs placettes de la station St10, elle abrite 15 % de juvéniles de *J. phoenicea* de la station ;
- Nonobstant, le *Quercus ilex* et le *Juniperus oxycedrus* sont peu fréquentes dans nos stations d'étude mais elles abritent une portion non négligeable de juvéniles de *J. phoenicea* et varie de 1 à 3,4 %.

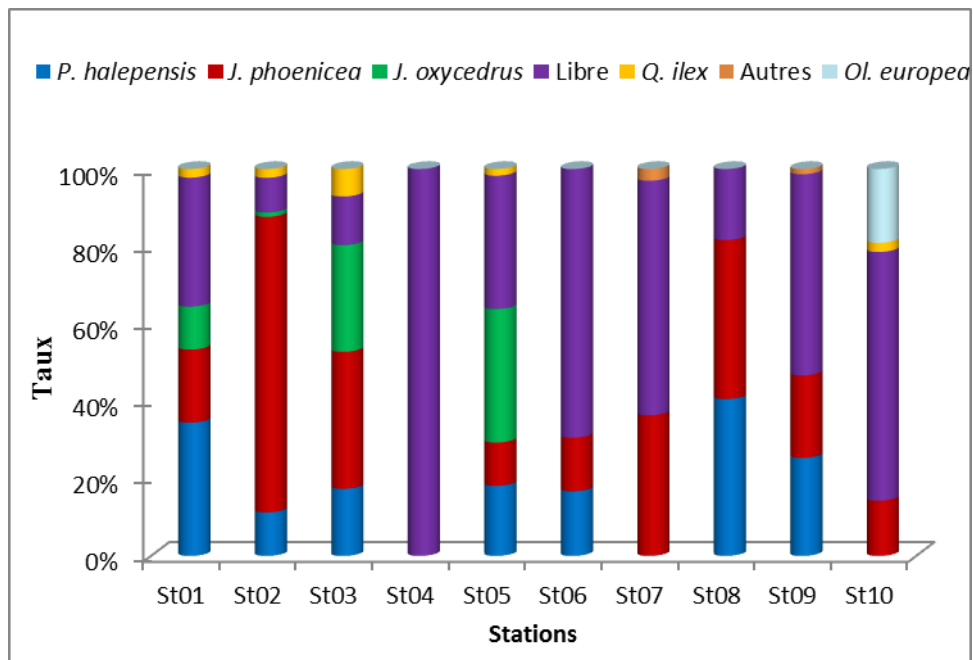


Figure 31: Répartition de juvéniles de *Juniperus phoenicea* selon leur emplacement par station.



Figure 32: Installation de *Junipeurus phoenicea* (semi-ombré) sous l’abri de *Pinus halepensis*, Station Zabache (photo Benaberrahmane, A 2021).

L’analyse de la variance à deux facteurs de l’effet de station et celle de l’espèce nurse sur la répartition de juvéniles de *J. phoenicea* (Tableau 19 et Figure 33) montre qu’il n’y a

pas de différence significative entre les stations ($F(9,54) = 1,81018, p = 0,087533$), mais il y a une différence très hautement significative entre les espèces nurses ($F(6,54) = 6,64207, p = 0,000027$). Un effectif important de juvéniles de *J. phoenicea* est enregistré dans un espace dégagé et sous l’abri de *J. phoenicea* dans toutes les stations étudiées.

Par ailleurs, le test *tukey* au seuil de 5% (Figure 33) permet de classer les espèces nurses en 02 groupes homogènes (a) et (b). Le groupe (a) correspond au *Juniperus phoenicea* et espace dégagé, tandis que le groupe (b) correspond à *Olea europea*, *Quercus ilex*, *Stipa tenacissima* et *Rosmarinus tournifortii*. *Juniperus oxycedrus* et le *Pinus halepensis* appartient à la fois aux groupes (a) et (b).

Tableau 19: Effet de station et d’espèce nurse sur l’emplacement de juvéniles de *Juniperus phoenicea*.

Univariate Tests of Significance for nombre (Spreadsheet5) Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	8558,229	1	8558,229	47,60855	0,000000
Espèce	7163,971	6	1193,995	6,64207	0,000027
Station	2928,629	9	325,403	1,81018	0,087533
Erreur	9707,171	54	179,762		

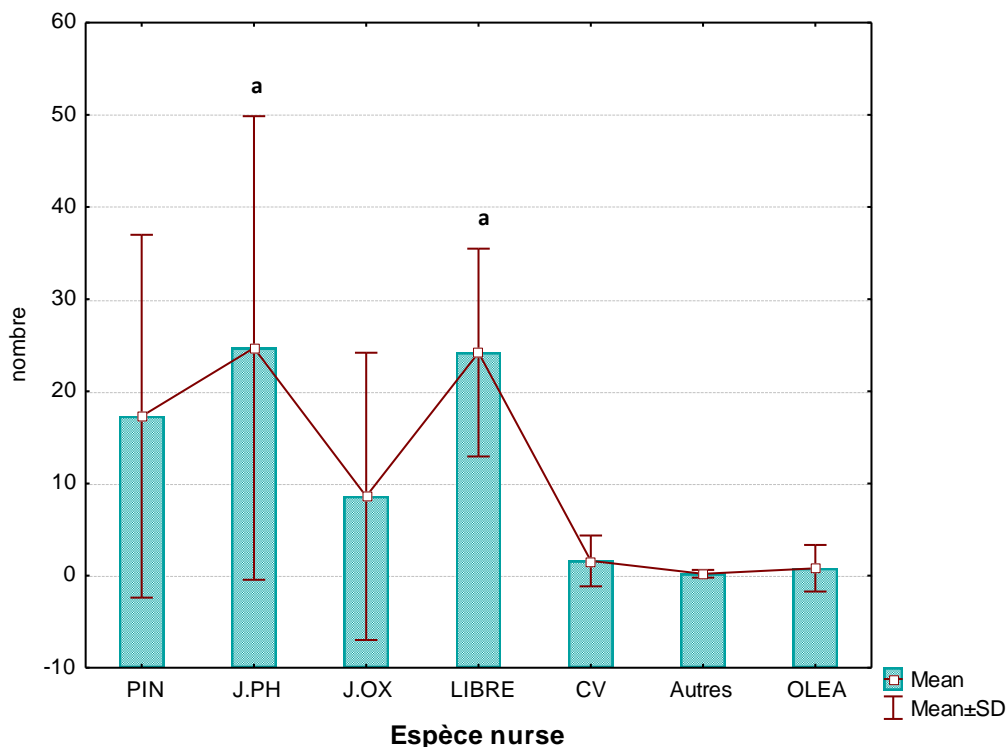


Figure 33 : Effet de station et d’espèce nurse sur l’emplacement de juvéniles de *Juniperus phoenicea*.

Légende : PIN : *Pinus halepensis* ; J.PH : *Juniperus phoenicea* ; J.OX : *Juniperus oxycedrus* ; CV: *Quercus ilex* ; Autres : *Stipa tenacissima* et *Rosmarinus tournifortii* ; OLEA : *Olea europea*.

La présence de semis et de jeunes pousses poussant sous l’abri des nourricières suggère que *J. phoenicea* dans ses premiers stades de vie n’est pas une espèce obligatoirement exigeante en lumière. Selon Daoudi (2024), *J. phoenicea* ressemble à *P. halepensis* en ce qui concerne sa tolérance à la lumière. De plus, le climat dans l’atlas saharien est caractérisé par des périodes sèches prolongées. Par conséquent, l’ombre et l’amélioration des conditions microclimatiques (bien qu’elles puissent éventuellement avoir un impact bénéfique sur l’installation de *J. phoenicea* dans des environnements semi-arides) font partie des facteurs décisifs impliqués dans le processus de facilitation des plantes nourricières dans les zones semi arides.

4. Paramètres de la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea*

4.1. Caractéristiques des attributs dendrométriques

La hauteur moyenne totale des peuplements varie entre $1,9 \pm 0,26$ m (station 06) et $3,12 \pm 0,84$ m (station 04) (tableau 20). Cependant les valeurs de la hauteur dominante représentent la même tendance que celles de la hauteur moyenne totale, variant de $3 \pm 0,3$ m (station 06) à $5,8 \pm 0,71$ m (station 01). En effet, le microsite pédologique situé dans le bas versant de la station St03 abrite le plus grand sujet de genévrier rouge observé, atteignant une hauteur de 6,4 m. En 2024, Al-Sodany *et al.* ont rapporté que, dans les montagnes de Sarrawat en Arabie saoudite, la hauteur maximale de *J. phoenicea* atteignait 8,3 m.

On constate une uniformité des valeurs de hauteur moyenne totale entre ces différents types de formations qui peut être interprétée par l’importante fréquence de hauts arbres dans ces formations. Les faibles valeurs de ces deux paramètres dendrométriques enregistrées dans la station St06 pourraient être dues aux effets des contraintes climatiques induites par l’exposition sud du Djebel Djellal Chargui (plus sèche et plus chaude). Ainsi, par du sol marnocalcaire très sensible au dessèchement par évaporation. Il se compacte facilement et peut devenir très dur lors des phases de déshydratation (Ripert et Vennetier, 2002).

Tableau 20 : Caractéristiques des attributs dendrométriques des peuplements de *J. phoenicea* étudiés.

	Hmt (m)	Hd (m)	SPH/400m²	CRJP %	SPHd (m²)
Haoues (St01)	2.9±0.94	5.8±0.71	87.43±42.63	21.86	45.17±17
Nakazia (St02)	2.71±0.6	5.6±0.27	87.98±38.32	22	38.43±9.50
Zabache (St03)	2.90±0.79	4.8±0.87	71.85±33.28	18	48±26.23
Goutaya (St04)	3.12±0.84	5±0.53	42.33±14.5	10.6	25.70±3.33
Djellel Chargui N (St05)	2.51±0.51	4±0.28	70.52±21.5	17.63	24.85±5.2
Djellel Chargui S (St06)	1.9±0.26	3±0.3	22.07±8.44	5.52	12.60±7.2
Chebeika (St07)	2.45±0.69	4.25±0.51	73.82±22	18.45	23±4.2
Dreoua (St08)	2.73±0.57	4±0.5	64.95±30.75	16.24	39.41±19.81
Mejedel (St09)	2.14±0.42	4.85±0.5	43.43±20.17	10.86	26±10.61
Guellet Stel (St10)	2.48±0.46	4.7±0.12	81.93±32.62	20.5	22.60±3.5

Légende : **Hmt** : Hauteur moyenne totale ; **Hd** : Hauteur dominante ; **SPH/400m²** : Surface cumulée de projection des houppiers par 400m² ; **CRJP** : Contribution de *J. phoenicea* dans le recouvrement(%) ; **SPHd** : Surface de projection des houppiers dominante.

La surface de projection des houppiers (SPH) du genévrier rouge varie en fonction de l'état du peuplement. Par exemple, elle passe de 22,07±8,44 m² dans la station St06 à 87,98±38,32 m² à la station St02. Néanmoins, les valeurs de la surface de projection des houppiers dominante (SPHd) fluctuent entre 12,60± 7,2 m² à la station St06 et 48±26,23 m² à la station St03. Le spécimen le plus volumineux de cette espèce que nous avons observé couvre une surface de 64 m² à la station St01.

On note un net décalage dans la surface de projection des houppiers entre ces différents peuplements, qui peut s'expliquer par les conditions environnementales propres à chaque station (type de sol, exposition, pente, l'affleurement de la roche mère, compétitions interspécifiques et les pressions anthropogènes...) ainsi que par l'âge des individus de chaque population.

La contribution de *J. phoenicea* au recouvrement du tapis végétal dans toutes les stations étudiées semble très clairsemée, avec un taux variant de 5,52 % (station St06) à 22 % (station St02 et St01). Ces taux de recouvrement résultent des conditions environnementales spécifiques à chaque station, influençant ainsi la forme, l'aspect et la répartition spatiale des individus au sein de ces populations. En effet, les sujets du genévrier rouge de l'atlas saharien central adoptent diverses formes en fonction de leurs comportements adaptatifs, ce qui reflète les conditions écologiques, tant historiques qu'actuelles, des stations étudiées.

Plusieurs auteurs ont décrit une typologie des formes pour le même type d'arbuste (Lathuillère, 1994 ; Blanco Castro *et al.*, 1997 ; Montes, 1999 ; Badri, 2003). Dans notre étude, nous regrouperons tous les arbres en quatre catégories distinctes (figure 34):

- ✓ La forme Tronc Multiples (figure 34A) qui est la prédominante, elle prospère généralement dans les mi- et les bas-versants et dans les sites de compensation des facteurs ; regroupe les arbres présentant une ramification intense dès la base du tronc ;
- ✓ La forme arborescente (figure 34B) : cette forme est très rare. Elle est bien individualisée avec un tronc surplombé par un houppier continu présentant une forme, en général, ovoïde ou elliptique (Badri, 2003) ;
- ✓ La forme conique (figure 34C) : elle correspond à une forme cupressoïde dont le houppier est beaucoup plus élargi à la base. Ce type morphologique est juvénile alors qu'il ne devrait être qu'un stade de transition vers une autre forme adulte (Montes, 1999) ;
- ✓ Enfin, la forme houppier au sol (figure 34D) : qui est très fréquente dans les sommets et les hauts versants d'exposition venteuse ; concourent à modeler les végétaux selon un schéma caractéristique qui leur confère une forme dite en "coussinet" (Montes, 1999).

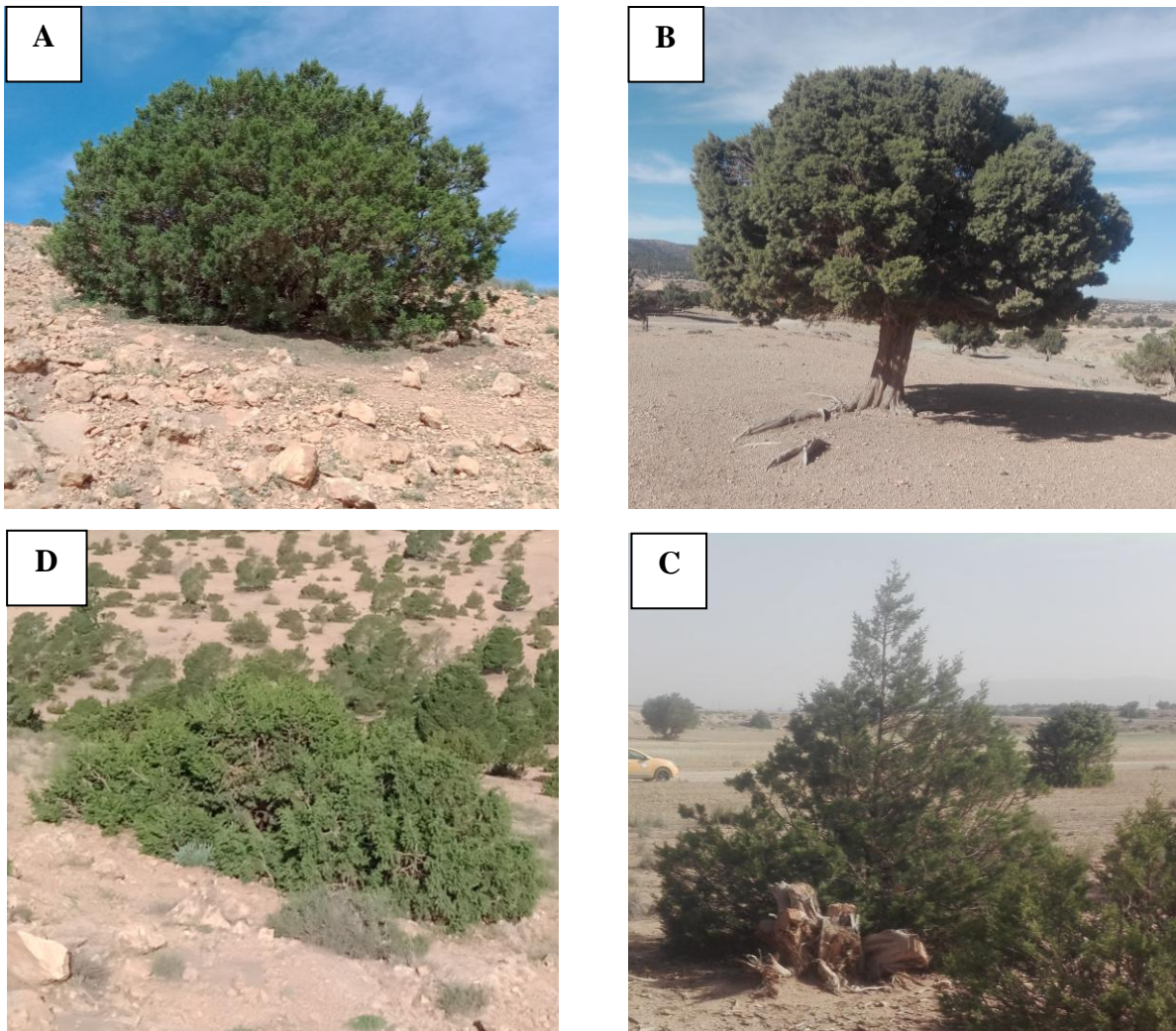


Figure 34: Différentes formes de genévrier rouge observées dans la zone d'étude. (A) : Tronc Multiples ; (B) : arborescente ; (C) : conique ; (D) : houppier au sol.

4.2. Impact des facteurs dendrométriques

L'analyse en composante principale (ACP) exécutée pour la matrice regroupant l'ensemble des variables dendrométriques et orographique (Altitude) retenues, à savoir, la densité de régénération par hectare, l'indice de régénération (IR), le taux de recouvrement des houppiers des adultes (SPH), surface de projection des houppiers dominante (SPHd), la densité de peuplement par hectare (nombre de sujets de *J. phoenicea* adultes par hectare), la hauteur dominante (Hd) et la hauteur totale moyenne (Htm) sur les 10 stations étudiées a permis d'identifier trois groupes de stations en fonction de la régénération du genévrier rouge (Figures 35 et 36).

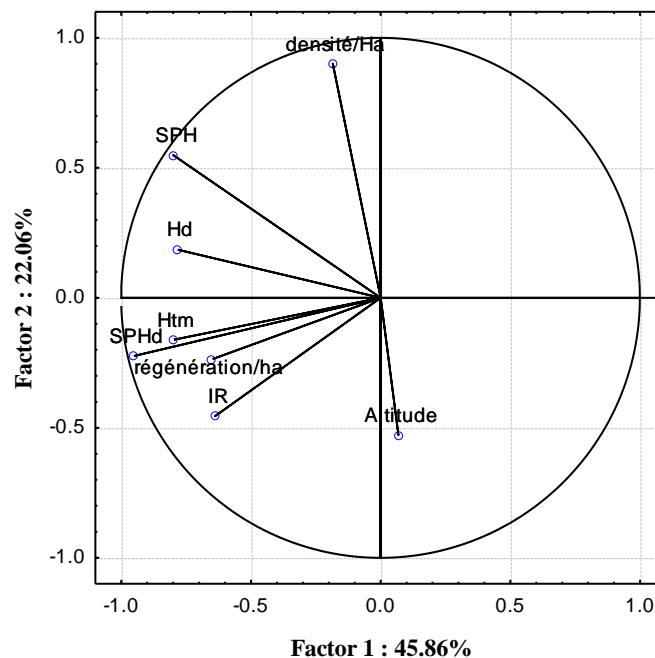


Figure 35 : Résultats de l'analyse en composante principale (ACP), projection des variables sur le cercle de corrélation.

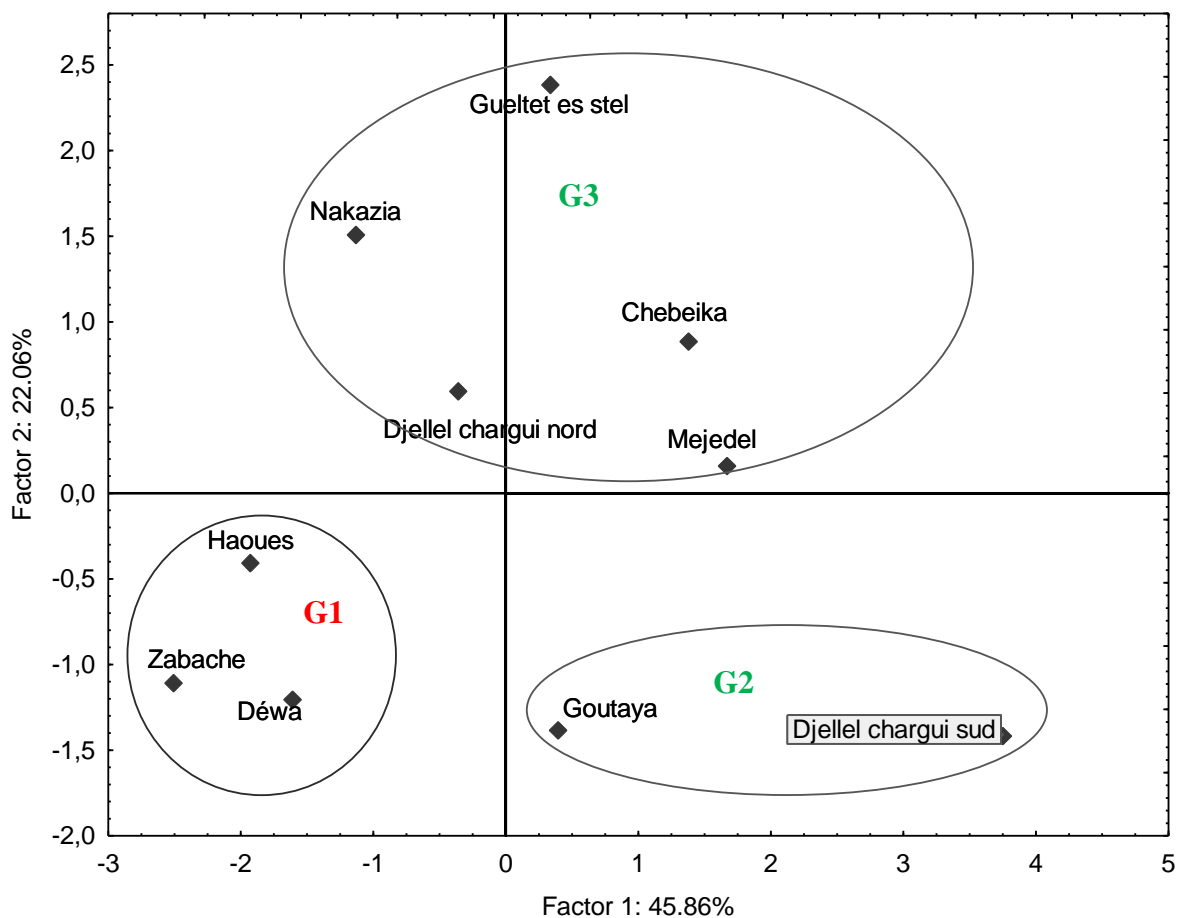


Figure 36 : Résultats de l'analyse en composante principale (ACP), projection des observations.

Sur l'axe F1 avec 45,86 % d'inertie, l'altitude dans le côté positif s'oppose à tous les attributs dendrométriques des peuplements figurés par la densité de régénération par hectare, l'indice de régénération (IR), le taux de recouvrement des houppiers des adultes, la surface de projection des houppiers dominante, la densité de peuplement par hectare, la hauteur dominante et la hauteur totale moyenne. Par contre, sur l'axe F2 avec 22,06 % d'inertie, s'oppose du côté négatif la densité de régénération par hectare, l'indice de régénération (IR), le taux de recouvrement des houppiers dominants des adultes et la hauteur totale moyenne et du côté positif la densité des peuplements par hectare, la hauteur dominante et la surface de projection des houppiers.

Sur le plan factoriel ($F_1 \times F_2$), la qualité de représentation est supérieure à 68% d'inertie (45,86 % + 22,06%) qui donne trois groupes de stations par rapport à la régénération du genévrier rouge: une régénération très importante vers le côté négatif (G1) et une régénération faible vers le côté positif (G2) par rapport à l'axe F1. Ainsi, un troisième groupe

(G3) d'une régénération moyenne dans le côté positif de l'axe F_2 et s'oppose aux deux autres groupes (G1 et G2) pour le même axe.

La classification hiérarchique ascendante (CHA) (Figure 37) a permis d'identifier et de confirmer les trois groupes résultants de l'ACP :

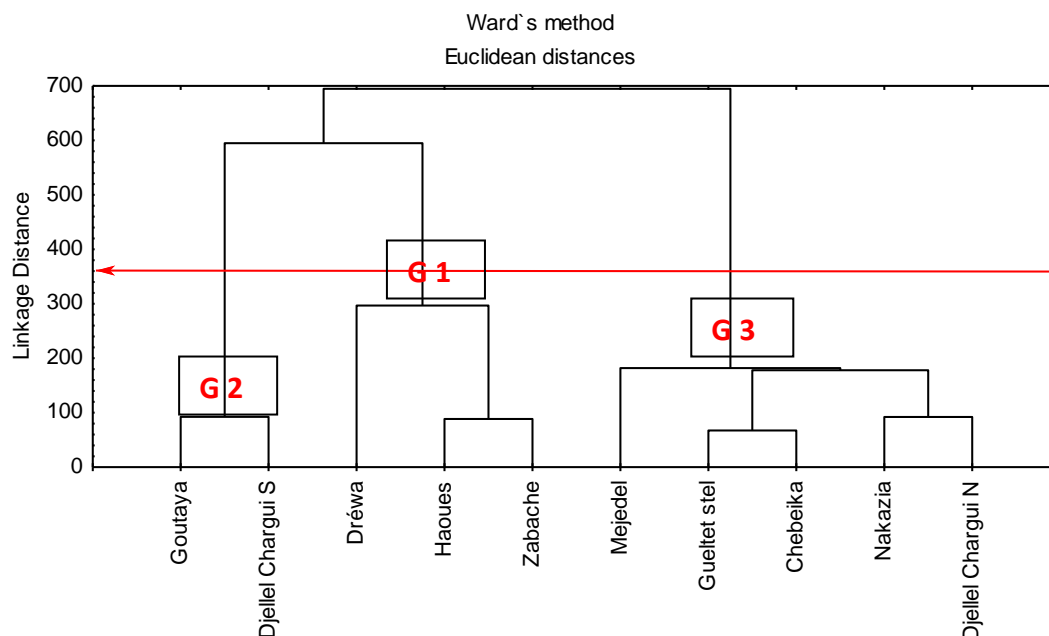


Figure 37. Résultats de la classification hiérarchique ascendante (CHA).

Le groupe G1 comprend trois (03) stations en l'occurrence St01 (Haoues), St03 (Zabache) et St08 (Dreoua); qui sont fortement corrélées aux variables suivantes: la densité de régénération, l'indice de régénération (IR), la surface de projection des houppiers dominante et la hauteur totale moyenne (Htm). Dans ces stations, l'indice de régénération est élevé, se situant entre 2,2 et 3,8, avec une densité de régénération très élevée atteignant 417,8 plantules/ha. Par ailleurs, ces stations présentent également des valeurs dendrométriques importantes, notamment en ce qui concerne la surface de projection des houppiers dominante (entre 40 m² et 48 m²), la hauteur totale moyenne (Htm) (2,7 à 2,9 m) et une densité modérée de peuplement par hectare entre 102 à 115 pieds/ha ; Ces estimables valeurs de taux de régénération pourraient être attribués à la perturbation des pinèdes qui dépérissent progressivement et cédant la place à l'envahissement par le genévrier rouge.

Le groupe G2 est composé de deux stations, St04 (Goutaya) et St06 (Djellal Chargui Sud) ; Ces stations sont fortement corrélées à la variable altitudinale, étant situées en haute altitude (1390 m - 1520 m) pour la St04 et (1348 m – 1482 m) pour celle de la St06. Elles présentent

un faible taux de recouvrement des houppiers des arbres adultes, variant de 5,52 % à 10,6 %, ainsi que les plus faibles densités de peuplement par hectare (82,5 arbres/ha à 65 arbres/ha). Par conséquent, la régénération du *J. phoenicea* y est également très faible.

Ces stations subissent des stress qui affectent l'installation et la croissance du genévrier rouge. Dans le cas de la station St06 (Djellel Chargui Sud), le stress est d'ordre abiotique, la station étant exposée aux aléas climatiques néfastes caractéristiques de l'exposition adret. Pour la station St04 (Goutaya), le stress est d'ordre biotique : bien qu'il bénéficie d'une exposition plus fraîche et plus humide au nord, le genévrier rouge cède la place, sous l'effet de la compétition interspécifique, à d'autres espèces plus mésiques et mieux adaptées à ces altitudes, telles que *Pistacia terebinthus*, *Bupleurum spinosum*, *Ephedra major*, et *Quercus ilex*, *Rhamnus alaternus* et *Prunus prostrata*.

Le groupe G3 est constitué de cinq (05) stations, St02 (Nakazia), St05 (Djellel Chargui Nord), St07 (Chebeika), St09 (Medjedel) et St10 (Gueltet Stel) ; représentant d'anciens peuplements, souvent composés de juniperaies assez pures. Les attributs dendrométriques de ces peuplements présentent des valeurs élevées, avec une densité variant de 140 -187 pieds /ha et un taux de couverture de la surface de projection des houppiers oscillant fréquemment entre 18% à 22%. La densité de régénération dans ces stations varie de 80 et 290 plantules/ha, en fonction de la capacité maximale du milieu physique.

4.3. Influence des facteurs orographiques

4.3.1. Effet de l'altitude

L'altitude est considérée comme un descripteur important dans la répartition des formations végétales de l'Atlas saharien ; par exemple les forêts à pin d'Alep et chêne vert se situent à altitude plus élevée que les forêts à pin d'Alep et genévrier rouge (kadik, 2005). Les placettes étudiées dans l'Atlas saharien central couvrent une tranche altitudinale de 553 m, allant de 967 m à la St10 (Gueltet stel) à 1520 m à la St04 (Goutaya).

D'après le diagramme en secteur de la répartition des placettes étudiées selon les tranches altitudinales (figure 38), les altitudes moyennes (1150-1350 m) sont les plus représentées, avec 47% des placettes, alors que les basses altitudes (950- 1150 m) et les hautes altitudes (1350- 1550 m) sont subégalement réparties, représentant respectivement 25% et 28%.

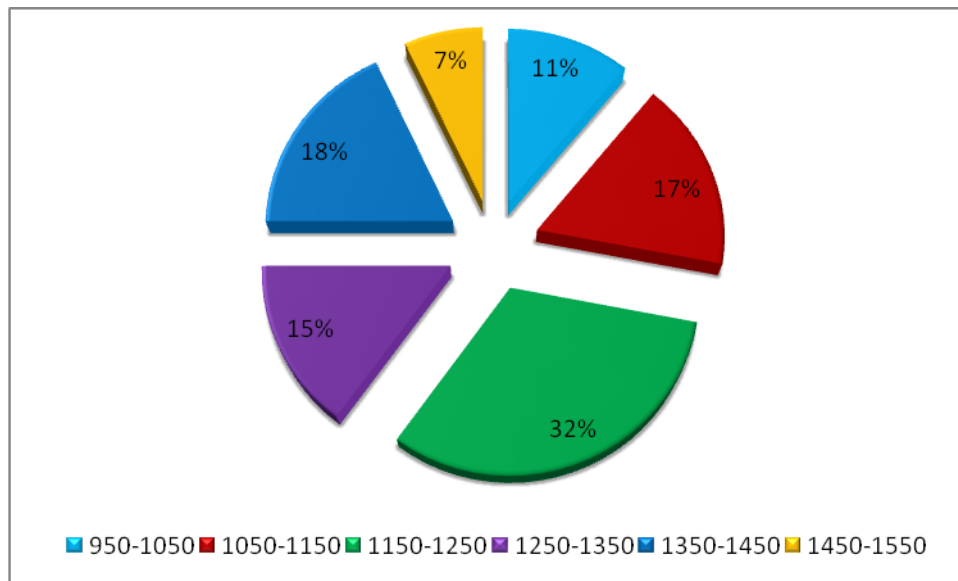


Figure 38 : Répartition des placettes étudiées selon les tranches altitudinales

Les potentialités de régénération dans les différentes classes d'altitude (Figure 39) montrent que la densité de régénération est très élevée dans les zones d'altitude 1250-1350 m ($268,3 \pm 241,7$ plantules/ ha) et de 1050-1150 m ($266,2 \pm 282,7$ plantules/ ha) alors que pour la classe 1450-1550 m, elle ne dépasse pas $50 \pm 67,70$ plantules/ ha.

Bien que les moyennes de régénération varient entre les différentes classes d'altitude selon la statistique descriptive, l'analyse de la variance indique qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'altitude sur la régénération naturelle de *J. phoenicea* ($F_{(5,94)} = 2,29298$; $p = 0,051623$). Ces résultats confirment que *J. phoenicea* dans notre zone d'étude située dans l'atlas saharien est indifférent vis-à-vis de ce facteur. Nos résultats sont en corroborent avec ceux obtenus par Kabiél *et al.* (2016) dans les montagnes de Al-Akhdar en Libye. (Dakhil *et al.*, 2022) montrent que l'altitude n'est pas un facteur limitant pour la répartition de *J. phoenicea*. Par contre, Fisher (2000) et Sigl *et al.* (2006) ont montré une relation positive significative entre la vigueur de la population de *J. phoenicea* et l'altitude, observée sur la péninsule arabique.

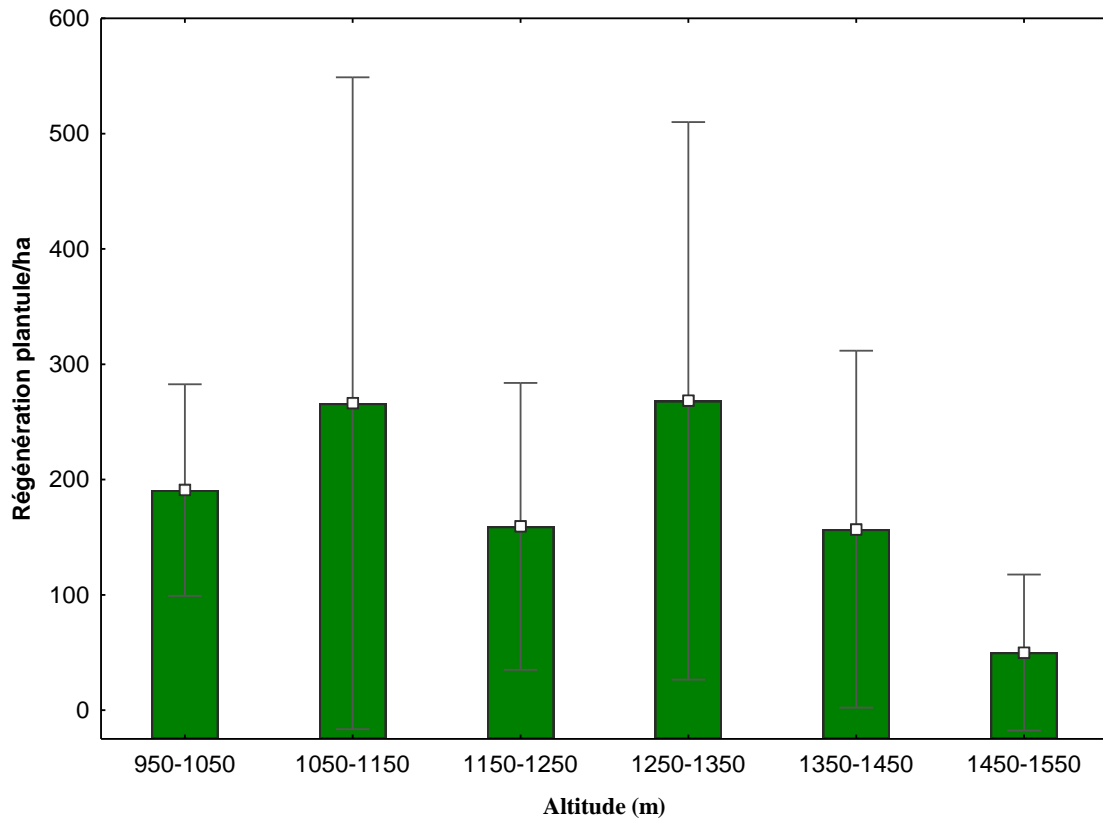


Figure 39: Potentialités de la régénération naturelle de *J. phoenicea* dans les différentes classes d'altitude. (ANOVA, $F_{(5,94)} = 2,29298$; $p = 0,051623$)

El-Bana *et al.* (2010) ont montré que le recrutement de *J. phoenicea* est limité par l'altitude et le type de roches en raison de la disponibilité en humidité. Les genévriers présentent généralement de mauvaises conditions de vitalité à des altitudes plus élevées (600-960 m) à Gabal El-Maghara et Gabal Yelleq, avec une proportion accrue d'arbres morts anciens et récents. En revanche, les populations de genévriers à des altitudes plus basses (350-470 m) de Gabal El-Halal sont en meilleur état, avec principalement du feuillage vivant et des branches reproductives. Al-Sodany *et al.* (2024) dans les montagnes de Sarrawat (Arabie saoudite) ont constaté que la densité de *J. phoenicea* variait significativement en fonction de la topographie, des gradients d'altitude et de leurs interactions. La densité moyenne totale de la population de *J. phoenicea* diminue avec l'augmentation de l'altitude. En revanche, la densité de la population de *J. procera* augmente avec l'altitude. De plus, ils ont cité que la densité moyenne maximale des populations de *J. phoenicea* était de 202,9 individus/ha à une altitude de 1900 à 2000 m, et la densité minimale était de 18,8 individus/ha à une altitude inférieure à 1900 m. En revanche, la densité maximale de *J. procera* était de 151,8

individus/ha à une altitude supérieure à 2200 m, tandis qu'il n'y a aucune croissance à une altitude inférieure à 1900 m.

4.3.2. Effet de l'exposition

La figure 40 illustre la répartition des densités de régénération en fonction de l'exposition. On observe une relation directe et très hautement significative ($P < 0,05$) entre l'exposition et la densité de régénération (tableau 21). Les expositions froides, notamment sur les ubacs (versants nord), semblent plus favorables à la régénération, avec une densité moyenne de $253,4 \pm 210,8$ plantules/ha, comparée aux adrets (versants sud), où la densité est plus faible, atteignant $115,3 \pm 83,6$ plantules/ha.

Tableau 21 : Régénération naturelle de *J. phoenicea* selon les versants (Nord et Sud), les groupes homogènes selon le test de Tukey, $P < 0,05$

	Mean - N	Mean - S	t-value	df	p	F-ratio - Variances	p - Variances
Régénération/ ha	253.389	115.322	3.4970	88	0.000740	6.362147	0.000001

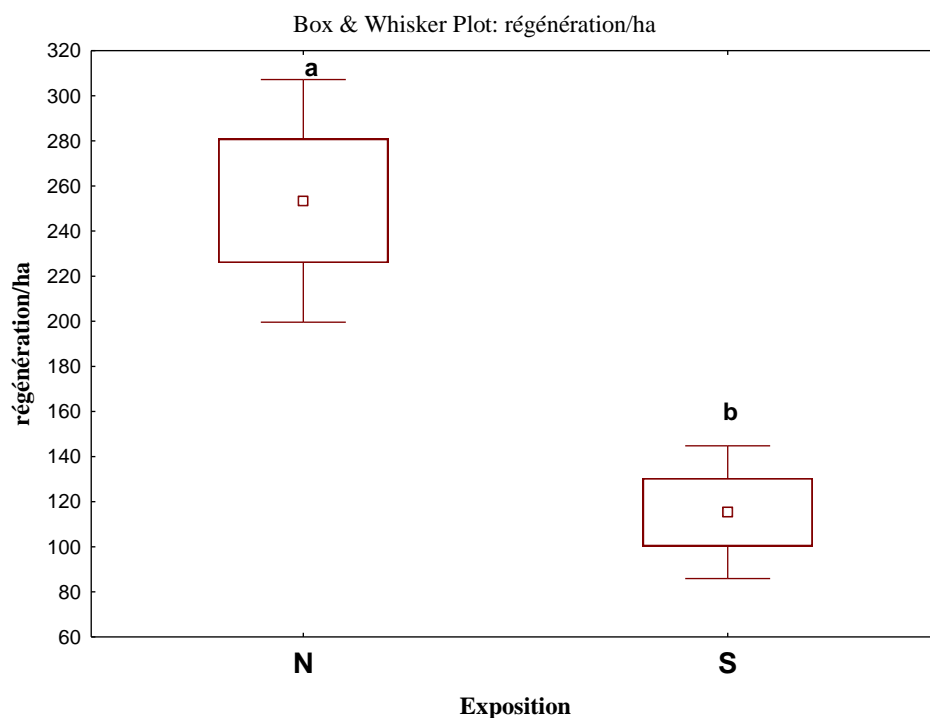


Figure 40. Effet de l'exposition des versants (Nord et Sud) sur la régénération de *J. phoenicea*. Les différentes lettres au-dessus des barres indiquent une différence significative à $P < 0.05$ selon de Tukey.

J. phoenicea évite la longue période sèche estivale de l'Atlas saharien (6 mois) en s'abritant sur les ubacs de ces massifs, protégés des effets brûlants des versants exposés au sud. Mazur *et al.* (2016) rapportent que dans les secteurs plus arides de la méditerranée (Afrique, Moyen-Orient, etc.), le genévrier rouge se retrouve souvent dans les montagnes où l'aridité semble être compensée soit par sa situation en bordure d'oueds et de talwegs d'oueds comme en Jordanie, soit par des températures plus basses.

L'exposition joue un rôle dans la répartition des essences forestières ; les différences entre les températures, la durée d'ensoleillement et les précipitations sont souvent significatives. En Algérie, les versants nord ont une pluviométrie supérieure à celle des versants sud qui sont moins arrosés et exposés aux vents secs (siroccos) (Ozenda, 1989 ; Guyot, 1999).

4.3.3. Effet du type de sol :

Les propriétés du sol ont un impact significatif sur la croissance et la répartition des plantes. En effet, le matorral de genévrier rouge dans l'atlas saharien central occupe trois types du sol identifiés sur le terrain en l'occurrence, sol calcaire, sol marno-calcaire et sol gréseux ; 60% des placettes étudiées reposent sur un substratum calcaire, tandis que 30% et 10% des placettes sont situées sur des substrats gréseux et marno-calcaires, respectivement (figure 41).

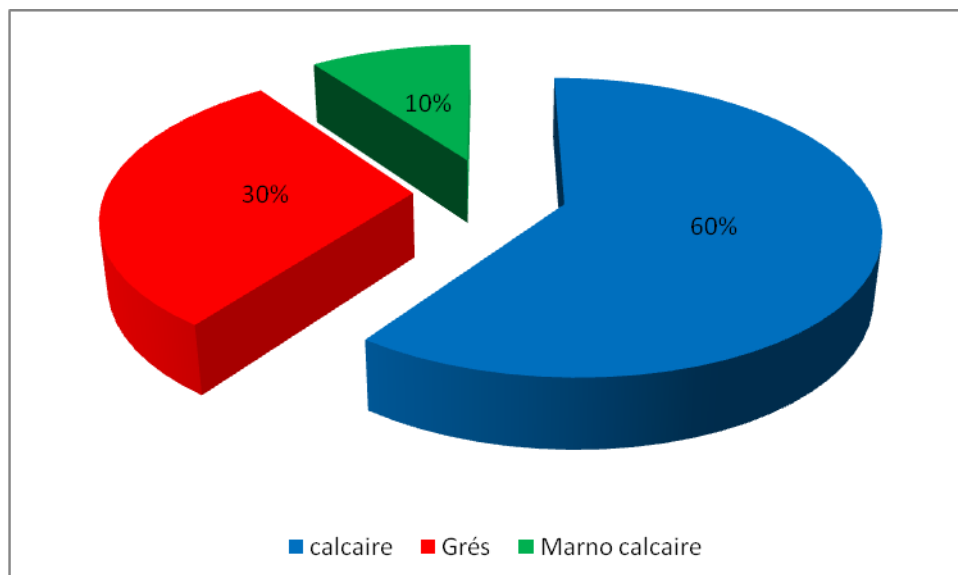


Figure 41. Répartition des placettes étudiées selon le type de sol

L'analyse de la variance montre qu'il existe une relation directe et très hautement significative ($P < 0,05$) entre le type de sol et la densité de régénération de *J. phoenicea* (ANOVA : $(F(2, 97) = 6.35597, p = 0.002548)$) (figure 42); Ainsi, le test post hoc de Tukey a permis d'identifier deux groupes homogènes. Cependant, les meilleures régénérations sont enregistrées dans les peuplements reposant sur le sol calcaire, avec une moyenne de $238,7 \pm 216,9$ plantules/ha (groupe **a**). En revanche, des régénérations relativement faibles caractérisent le groupe **b**, qui comprend les peuplements sur des sols gréseux et marno-calcaire avec des moyennes de régénération respectives $113,3 \pm 79,5$ et $90,6 \pm 49,9$ plantules/ha.

Les sols très sableux sont défavorables en raison de leur faible capacité de rétention de l'eau et, parfois, de leur pauvreté en éléments nutritifs (Ripert et Vennetier, 2002). Les études de Sarmoum *et al.* (2016) et Sarmoum *et al.* (2020) confirment que les peuplements sur substrat gréseux sont plus sensibles aux aléas et aux changements climatiques que ceux situés sur un sol calcaire.

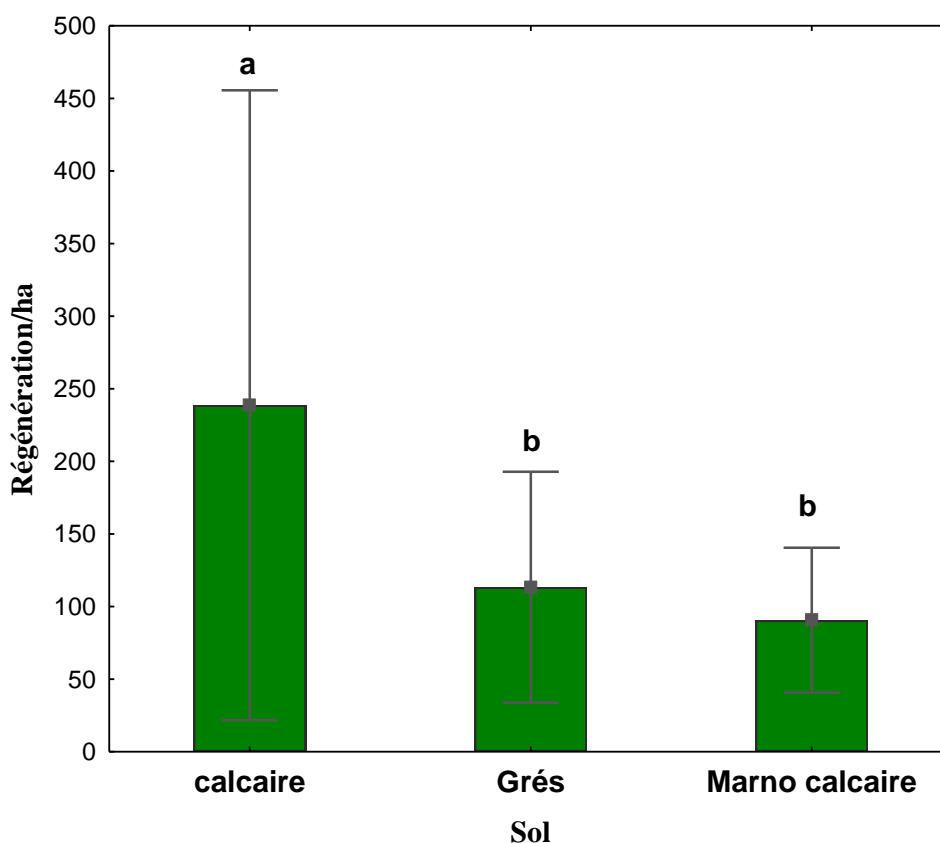


Figure 42. Effet du type de sol sur la régénération du *J. phoenicea*.

Les barres représentent la moyenne \pm Ecart type ($p < 0.05$, Résultats de l'ANOVA : $(F(2, 97) = 6.35597, p = 0.002548)$).

Plusieurs études ont rapporté l'importance de la nature du sol dans la croissance des espèces. L'inclusion de variables édaphiques quantitatives, telles que le pH, le carbone inorganique et la teneur en eau volumétrique du sol, influent considérablement sur la qualité de développement d'une seule espèce végétale (Abd El-wahab *et al.*, 2008).

Moustafa *et al.* (2016) rapportent que les sols des habitats de vallée, riches en matière organique (2,22 %) ainsi qu'en limon et en argile (17,19 %) favorisent une végétation dense des peuplements de *J. phoenicea*. El-Bana *et al.* (2010) et Moustafa *et al.* (2016) signalent que les densités et couvertures les plus élevées de *J. phoenicea* ont été enregistrées à Gabal El-Halal, où l'on trouve de grands affleurements de calcaire à faces lisses. En revanche, les valeurs les plus basses de ces variables ont été observées à Gabal El-Maghara et Gabal Yelleq, qui présentent des roches fissurées avec des affleurements de calcaire et de dolomite (El-Bana *et al.*, 2016).

4.3.4. Effet de la pente

La pente des reliefs occupés par les communautés étudiées varie largement, allant de 3% (très rarement) et plus de 50%. La quasi-totalité des placettes (69 placettes) occupent des pentes moyennes de 13 à 50% tandis que les pentes abruptes (plus de 50%) représentent seulement 12 placettes (Figure 43). Cependant, la densité maximale de régénération de *J. phoenicea* est observée dans les communautés situées sur des pentes faibles, inférieures à 13 %, et sur celles comprises entre <5% et 6-12% avec respectivement $228.6 \pm 151,7$ plantules/ha et $289,6 \pm 259$ plantules/ha. Badri (2013) a constaté qu'une pente plus faible, en moyenne de 26° , favorise la formation de sols plus profonds en raison des phénomènes de ravinement et d'érosion des particules provenant de la désagrégation de la roche mère. Ce type de sol, plus riche, est particulièrement favorable à la régénération de *Juniperus*. Dans l'ensemble, on constate que les sols se développant sur des pentes escarpées, sont moins profonds que ceux se développant dans les bas versants ou les replats. Comme le montre la figure 43, il n'existe pas d'effet significatif de la pente sur la régénération de *J. phoenicea* ($F(4, 95) = 1,87053$, $p = 0,121953$).

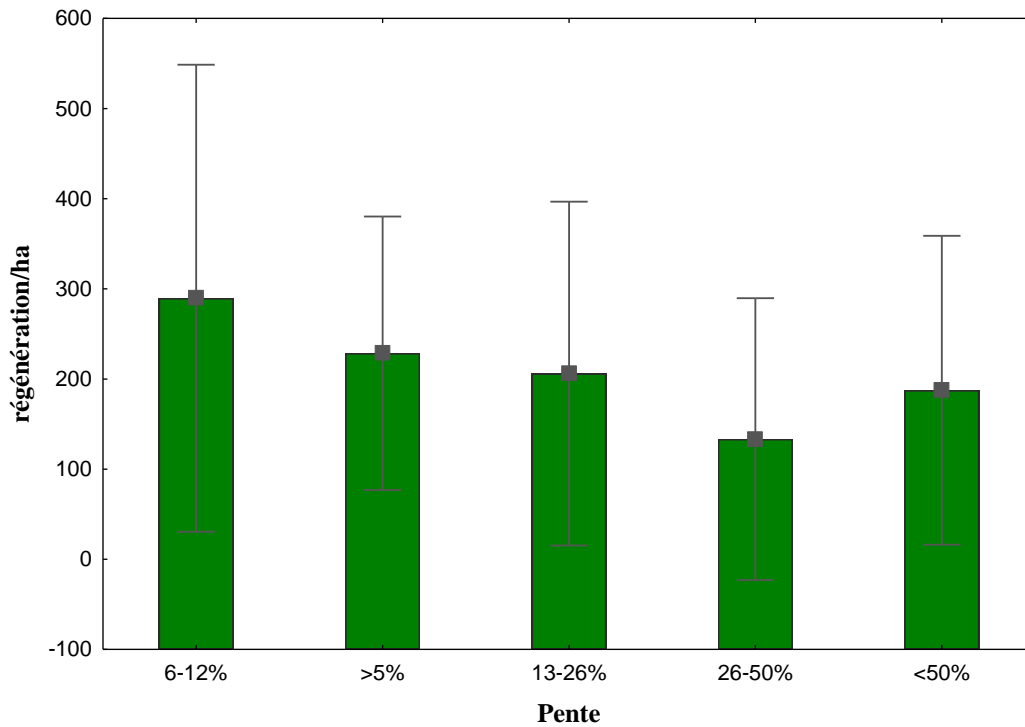


Figure 43. Effet de la pente sur la régénération de *Juniperus phoenicea*; les barres représentent la moyenne \pm Ecart type ($p > 0,05$, Résultats de l'ANOVA : (F (4, 95) = 1,87053, $p = 0,121953$).

4.3.5. Effet de la position topographique

Les placettes étudiées couvrent six (06) positions topographiques différentes allant du sommet au talweg ; plus de la moitié des placettes (59%) occupent le mi- et le bas-versant avec des taux respectifs de 31% et 28% ; tandis que, le haut versant représente 23% des placettes étudiées. Les positions extrêmes, à savoir le sommet, le talweg et le replat sont faiblement représentées, avec respectivement, 11%, 03% et 04%. (Figure 44).

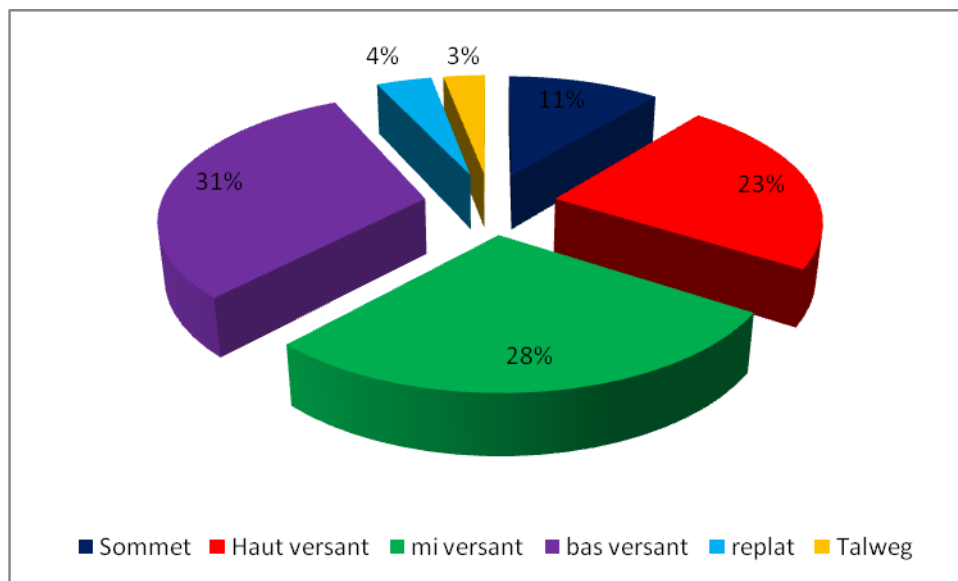


Figure 44. Répartition des placettes étudiées selon la position topographique.

Comme le montre la figure 45, la densité de régénération décroît progressivement avec l'élévation de la position topographique allant du talweg ($358,3 \pm 416,3$ plantules/ ha) jusqu'au sommet ($109,1 \pm 85,3$ plantules/ ha), à l'exception de la position du replat, qui est faiblement échantillonné (04 placettes).

Le genévrier rouge se trouve dans presque tous les types d'habitats au sein du paysage montagneux. Il est présent comme ayant un fort potentiel pour l'établissement des semis (Pausas, 1999). En même temps, son système racinaire peu profond, avec un faible ratio racines/pousse et une grande sensibilité aux perturbations (Pausas, 1999), rend l'espèce plus sensible au réchauffement climatique (Kabiél *et al.*, 2016).

Ces résultats présentent une certaine conformité avec ceux rapportés par Douaihy *et al.* (2013) qui ont montré que la densité de régénération de *J. excelsa* est plus importante dans les altitudes intermédiaires que dans les hautes altitudes. De plus, Abd El-Wahab *et al.* (2008) rapportent que la distribution spatiale des espèces végétales et des communautés est principalement influencée par la topographie et le type de roche, qui déterminent l'humidité disponible pour la croissance des plantes. Bien qu'il y ait une variation apparente de la densité moyenne de régénération entre les différentes positions topographiques, dans la limite de notre échantillonnage, aucun effet statistiquement significatif de la position topographique sur la régénération de *J. phoenicea* n'a été observé dans l'atlas saharien central (ANOVA : $F(5, 94) = 2,00474, p = 0,085010$).

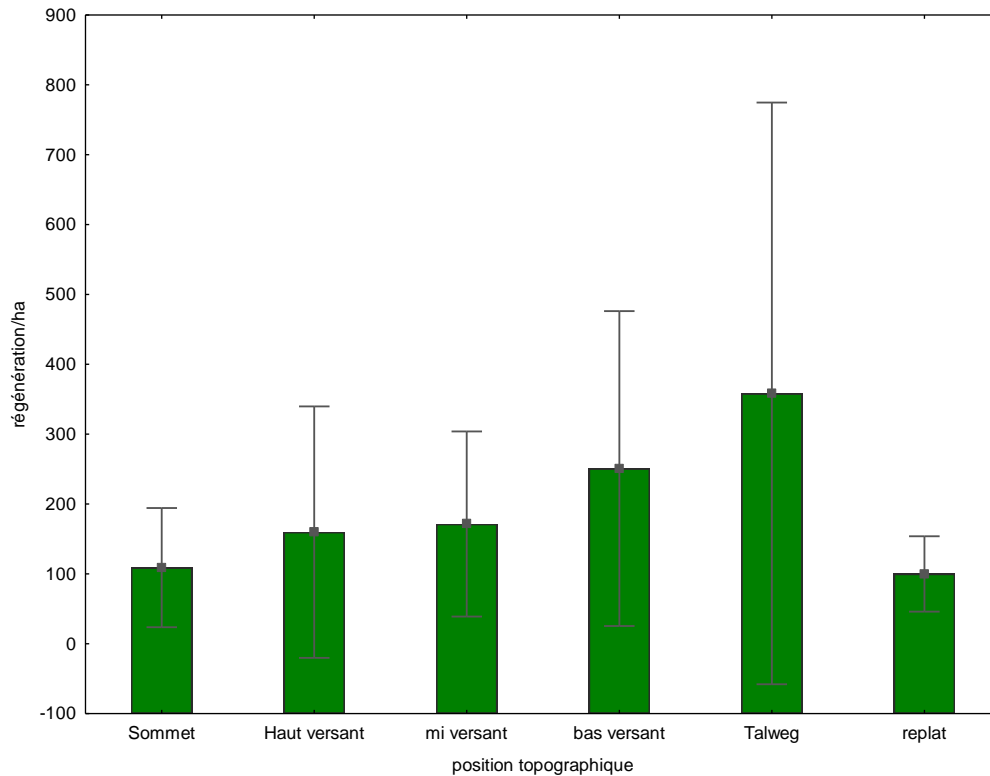


Figure 45. Densité de régénération du *Juniperus phoenicea* en fonction de la position topographique; les barres représentent la moyenne \pm Ecart type ($p < 0.05$, Résultats de l'ANOVA : (F (5, 94) = 2.00474, $p = 0.085010$).

Plusieurs études ont rapporté l'influence de la topographie et le bilan hydrique sur l'installation de nouvelles plantules (El-Bana *et al.*, 2010 ; Boussaidi *et al.*, 2010 ; Badri, 2013 ; Addar, 2016). En terrain concaves ou bas où l'eau peut s'accumuler, le bilan hydrique est très favorable à la régénération contrairement aux stations convexes ou bien situées en haut de pente. Par ailleurs, l'épaisseur des sols est souvent corrélée à la topographie du terrain, et dépend de la répartition des matériaux engendrés par le biais de l'érosion superficielle. Selon Addar (2016), dans les bas versants, le sol est profond et bien alimenté en eau, tandis que, les sols défavorables se trouvent préférentiellement dans les zones de départ en haut de pente (haut versant). Le mi-versant est une situation intermédiaire, de transit, dont les potentialités forestières peuvent être diverses.

4.3.6. Effet de l'unité géologique

Les placettes étudiées couvrent six (06) unités géologiques distinctes :

- Cs : Crétacé supérieur (Coniacien et Santonien) : les calcaires.
- Ct: Crétacé supérieur (Turonien) : les calcaires et marnes.
- Cn : Crétacé supérieur (Cénomaniens) : les calcaires jaunes, marnes et gypses et dolomies.

- Ci : Crétacé inférieur (Hautérvien-barrémien) : les Grès, dolomies et argiles gréseuses.
- Cic : Crétacé inférieur (Aptien) : les Calcaires et Grès.
- mp : Tertiaire continental (Miocène supérieur et Pliocène): Les argiles sableuses rouges à ocres.

Les unités géologiques de Cs et Ct occupent le versant sud du massif de Senalba (Chargui et Gharbi) ; ainsi le versant Nord du massif Djebel Djellal Chargui. L'unité Cs occupe le bas versant et l'unité Ct constitue le socle du haut versant. En revanche, l'unité Cn occupe le versant nord de Senalba et le versant sud de celle de Djebel Djellal Chargui. Les unités de Ci et Cic occupent les petites collines qui succèdent la chaîne principale de Senalba et les monts de Sahary Dhahri. Le Néogène (mp) occupe les pieds des Djebels (voir carte géologique de Bétier et Cornet. (1951) chapitre II, figure7).

Plus de la moitié des placettes étudiées (55%) se trouvent sur les unités géologiques du Crétacé supérieur, à savoir, Cn, Ct et Cs avec des pourcentages respectifs de 29%, 15% et 11%. Par ailleurs, 22% des placettes sont situées sur l'unité de Cic. Enfin, les autres placettes étudiées se répartissent sur l'unité géologique de Ci (10%) et l'unité mp (13%) (Figure 25).

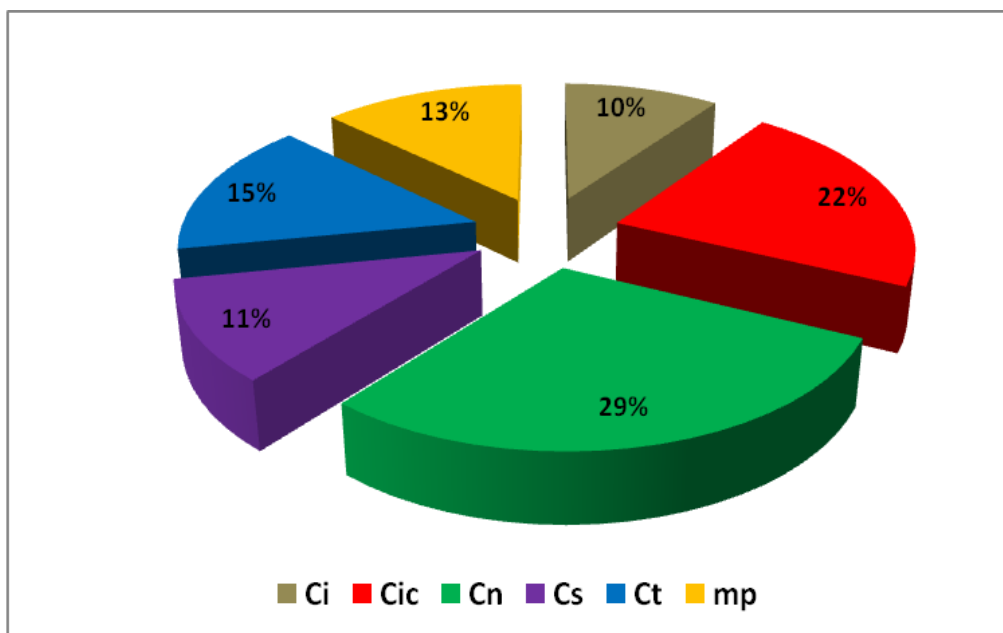


Figure 46. Répartition des placettes étudiées selon l'unité géologique.

L'analyse de la variance et le test de Tukey montrent une influence très hautement significative de l'unité géologique sur la densité de régénération (ANOVA : $F(5, 94) = 6.1061$, $p = 0.000061$) (figure 47). Ces analyses ont permis d'identifier deux groupes homogènes, a et b. Le groupe a, qui inclut l'unité mp, présente la meilleure densité de

régénération avec $390,4 \pm 258,7$ plantules/ ha. Tandis que, le groupe b, qui comprend les unités Cic, Ci, Cn, Ct, et Cs, présentent une moyenne de régénération allant de $112,5 \pm 79$ plantules/ ha (Cic) à $281,8 \pm 182,4$ plantules/ ha (Cs). Les unités géologiques mp et Cs, situées dans la partie inférieure des reliefs retenues, présentent des densités de régénération considérablement élevées ($390,4 \pm 258,7$ et $281,8 \pm 182,4$ plantules/ ha). Ces observations sont en adéquation avec nos résultats concernant la position topographique, notamment le mi-versant et le bas-versant. L'unité de Miocène est représentée essentiellement par des argiles sableuses rouges à ocres venus combler les dépressions dans les Hautes Plaines et l'Atlas saharien. Après les grands mouvements orogéniques du milieu du Tertiaire et la surrection de l'Atlas (Pouget, 1980). Kabil *et al.* (2016), Farahat (2020), Dakhil *et al.* (2022) déclarent que la présence d'une teneur élevée en argile dans le sol contribue en plus à la rétention d'eau et soutient la croissance des plantes pendant longtemps par rapport aux sols sableux ou rocheux cela est prédominant dans de nombreuses zones de *J. phoenicea* dans les pays de la Méditerranée.

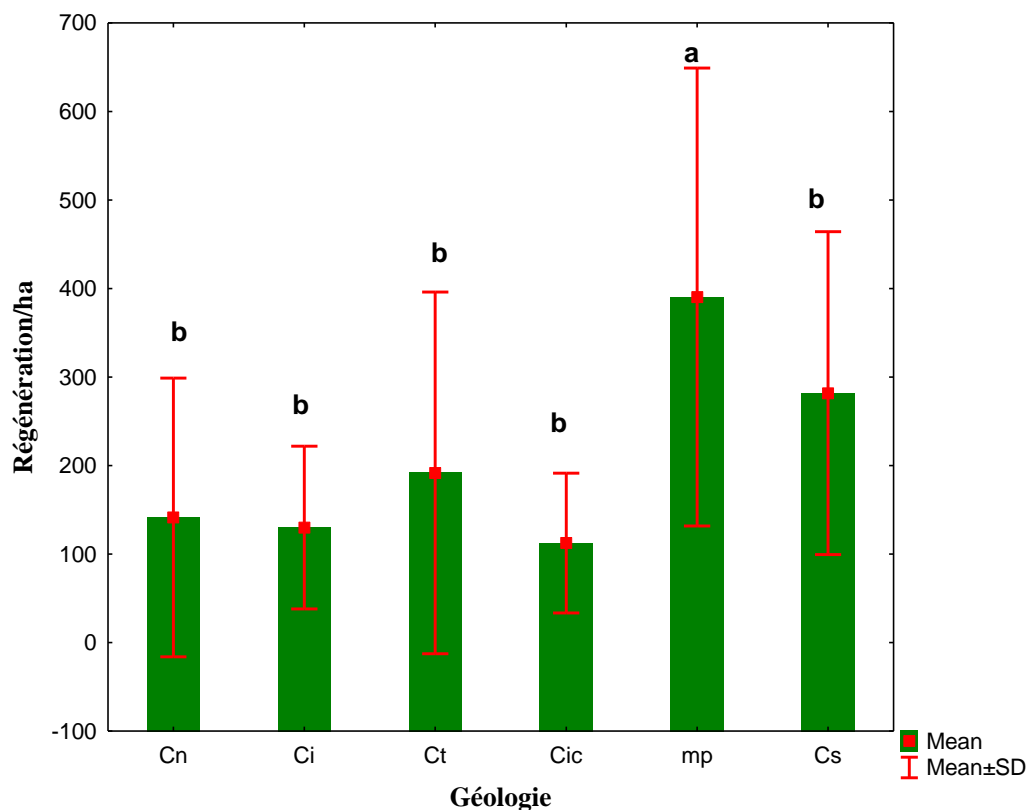


Figure 47. Densité de régénération du *J. phoenicea* en fonction de l'unité géologique; les barres représentent la moyenne \pm Ecart type ($p < 0,05$, Résultats de l'ANOVA : (F (5, 94) = 6.1061, $p = 0,000061$).

4.4. Paramètres phytoécologiques

Dans les écosystèmes méditerranéens, la strate arbustive est organisée sous forme de « poches » de végétation qui matérialisent des îlots de fertilité chimique et biologique au niveau du sol (Garner et Steinberger, 1989). Ce type de végétation améliore l'infiltration de l'eau dans le sol, la teneur en matière organique, etc. (Valladares et Pugnaire, 1999) mais a également un impact positif sur la régénération naturelle des ressources forestières du milieu (Bashan *et al.*, 2009). Cette interaction positive interspécifique est généralement expliquée par les caractéristiques abiotiques du microenvironnement qu'offrent ces îlots de fertilité aux jeunes régénérations (faibles variations de température, régulation de l'humidité du sol, etc.). La physionomie des formations du Genévrier rouge dans l'atlas saharien central est très ouverte. En effet, la strate arborescente ne dépasse pas souvent 10%, elle atteint quelquefois 20-25% dans les juniperaies les plus denses. Quant à la strate arbustive, elle oscille entre 0 et 50%. Cette physionomie est essentiellement due à l'action anthropique : pratiques de défrichements pour la mise en culture et surtout les parcours.

4.4.1. Recouvrement de la végétation

Le couvert végétal global est la projection du recouvrement des strates arbustives et herbacées dans les placettes étudiées. Il varie entre 30% et 75% avec une moyenne de $59,2 \pm 12,4\%$. Les strates arborescentes et arbustives sont représentées essentiellement par *Pinus halepensis*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus* (St09) et localement par *Pistacia terebinthus* au sommet (St04) et *Olea europea* dans la station (St10). Cependant, aucune relation statistiquement significative n'a été enregistrée entre le recouvrement du sous-bois des Juniperaies de toutes les strates confondues (de la strate arborescente à la strate herbacée) et l'installation des nouveaux juvéniles de *J. phoenicea*.

4.4.2. Les éléments de la surface du sol

Les taux de recouvrement des éléments de la surface du sol, sous canopées du *J. phoenicea*, sont très hétérogènes d'une placette à l'autre et d'une station à l'autre (tableau 22). Le taux moyen de recouvrement de la végétation du sous-bois est égale à $38,3 \pm 12,9\%$ avec un taux minimum de 10% dans les placettes surpâturées ou celles qui ont des affleurements de la roche mère (St07 et St10) ; le taux maximum de 70% est remarqué dans les placettes envahies par *Stipa tenacissima* dans le cas des stations St08 et St09 et celles envahies par des espèces éphémères et occasionnelles surtout *Stipa retorta* dans le cas de certaine placettes des stations St02 et St10 (figure 48).



Figure 48 : Juniperaie envahie par *Stipa retorta*.
Station Nakazia, (photo, Benabderrahmane A, 2021).

La discontinuité et la faible épaisseur (moins de 0,5 cm) du recouvrement de la litière sont très apparentes dans les juniperaies des stations étudiées, avec un taux moyen de $11,4 \pm 8,1\%$; le taux de recouvrement de la litière atteint son maximum de 50% dans le cas de la station St08 résultant de l'accumulation de la nécromasse de l'Alfa et les rémanents de la pinède déperissent sur place. Par contre, les faibles valeurs autour de 02% sont observées dans les peuplements très anthropisés et utilisés souvent par les riverains comme des reposoirs de leurs troupeaux ce qui accentue le piétinement et le ravinement des horizons humifères.

A cet effet, une relation significativement positive ($p < 0.05$; $r = 0.44$) (figure 49) est enregistrée entre le taux du recouvrement de la litière et la densité de la régénération du *J. phoenicea*.

La présence d'une couverture modérée de litière induit des effets positifs sur les conditions micro-environnementales. Elle favorise la pénétration de l'eau dans le sol et permet une bonne rétention d'eau (Duchaufour, 1977 ; Pouget, 1980 ; Facelli et Pickett, 1991 ; Otto, 2010), assurant ainsi le maintien du sol en place et le gardant frais jusqu'à la fin de l'été (Mancini, 1961). La litière peut limiter la concurrence de la végétation au sol et réduire l'évaporation grâce à son effet de paillage (Johansson *et al.*, 2006). En tamponnant les températures, elle offre de meilleures conditions de régénération en jouant un rôle protecteur thermique (Facelli et Pickett, 1991 ; Picot, 2005). De plus, elle peut offrir aux jeunes plantules un abri favorisant un microclimat (Castro *et al.*, 2011).

On note bien, qu'il y'a une accumulation considérablement abondante de litière sous les semencières, qui les protège contre les aléas érosifs et constitue une importante banque de semences sur place. Ces types de microsites favorisent significativement l'installation et le développement des jeunes plantules du genévrier rouge.

Tableau 22 : Caractéristiques des éléments de la surface du sol des stations étudiées

		RGV	RV	Litière	Affleurement	EG	Sol nu	Régénération/ha
St01	M±ET	59.5±7.6	36.8±9.26	15.5±4.97	2.2±6.28	23.5±9.7	22±7.14	225
	Max	70	58	20	20	40	30	550
	Min	50	25	10	0	15	5	100
	r	-0.12	-0.12	-0.21	-0.25	-0.09	0.64*	
St02	M±ET	69.5±13	45.5±14.4	13.3±6.05	12.2±11.1	12.8±6.3	15.3±12.8	162.5±89.2
	Max	70	70	20	30	20	40	300
	Min	45	25	5	0	5	3	75
	r	0.47	0.36	0.54	-0.34	-0.48	-0.21	
St03	M±ET	62.5±14.8	33.5±8.2	19±5.2	2±3.3	26.2±9.5	19.3±11.8	322.5±232.6
	Max	75	45	25	10	40	40	825
	Min	30	20	10	0	5	5	25
	r	0.09	0.08	0.04	0.35	-0.49	0.23	
St04	M±ET	58±9.2	40.2±5.3	5.3±1.4	21.8±11.9	27.7±10.8	5.5±3.1	20±15.8
	Max	75	45	8	35	45	11	50
	Min	45	30	3	4	10	2	0
	r	-0.36	0.51	0.84*	0.24	-0.17	-0.5	
St05	M±ET	46.5±6.7	29.5±10.7	9.5±6	10.9±10.8	35.3±8.8	13.3±7.7	290±190.1
	Max	60	45	20	25	50	30	725
	Min	40	10	5	0	20	5	75
	r	-0.13	-0.16	0.65*	-0.63*	0.34	0.18	
St06	M±ET	55±11.8	44±11.7	6.4±5.4	16.2±13.9	25.9±13.3	8±6	87.5±45
	Max	65	55	20	40	45	20	200
	Min	30	30	2	5	7	3	50
	r	0.19	-0.13	0.88*	0.12	0.4	-0.01	
St07	M±ET	56.5±12.9	32.5±3.6	6.8±2.8	29.2±16.6	23.7±13.9	9.8±2.5	80±46.8
	Max	65	50	10	60	55	15	150
	Min	30	10	3	2	7	5	0
	r		0.17	-0.26	-0.10	0.11	-0.26	
St08	M±ET	69.5±11.2	49±17.6	20.5±11.6	4.1±6.1	19.4±16	10.5±5.5	417.5±292
	Max	75	70	50	15	55	20	900
	Min	50	20	10	0	4	5	0
	r	0.48	0.36	0.08	-0.82*	-0.26	-0.13	
St09	M±ET	59.5±8.9	42.5±10.3	13.5±8.8	8.5±11	25.5±12.3	12±11.8	190±94.4
	Max	65	60	30	30	55	40	375
	Min	40	30	5	0	10	5	50
	r	0.31	0.09	0.75*	-0.3	-0.15	0.02	
St10	M±ET	55±11	29.5±11.2	4.1±2.5	41.4±22.2	11.7±6.06	13±14.4	97.514±77.7
	Max	65	55	10	70	20	50	275
	Min	40	15	2	5	5	2	0
	r	0.08	-0.34	-0.06	-0.0	0.06	0.27	
Globale	M±ET	59.2±12.4	38.3±12.9	11.4±8.1	14.8±17	23.2±12.5	12.9±9.9	189.25±187,3
	Max	75	70	50	70	55	50	900
	Min	30	10	2	0	4	2	0
	r	0.19	0.1	0.44*	-0.4*	0.01	0.18	

Légende : RGV : recouvrement végétale globale ; RV : recouvrement végétale ; EG : éléments grossier ; r : coefficient de corrélation. * : corrélation significative

Avec une moyenne de $14,8 \pm 17\%$, les affleurements de la roche mère peuvent atteindre dans certaines placettes un taux maximal de 70%, particulièrement très ré pondues dans les placettes sur un substratum gréseux (St02, St07et St10) et les sommets de calcaire dur à savoir St 04, St05et St09. Les affleurements diminuent l'espace de la réceptivité pour la régénération et atténuent ou bien éliminent les potentialités des autres facteurs stationels. A cet effet, les affleurements de la roche mère empêchent significativement ($p < 0.05$; $r = -0.4$) (figure 49) l'installation des plantules du genévrier rouge.

Les éléments grossiers sont très abondants surtout dans les éboulis et les placettes érodées avec un maximum de 55% et une moyenne de $23,2 \pm 12,5\%$. Le sol nu ou sans végétation peut atteindre un taux de 50% avec une moyenne de $12,9 \pm 9,9\%$ dans les placettes dénudées sans végétation. Statistiquement, il n'existe aucune relation significative entre les éléments grossiers, le sol nu et la régénération de *J. phoenicea* dans ces placettes étudiées (figure 51).

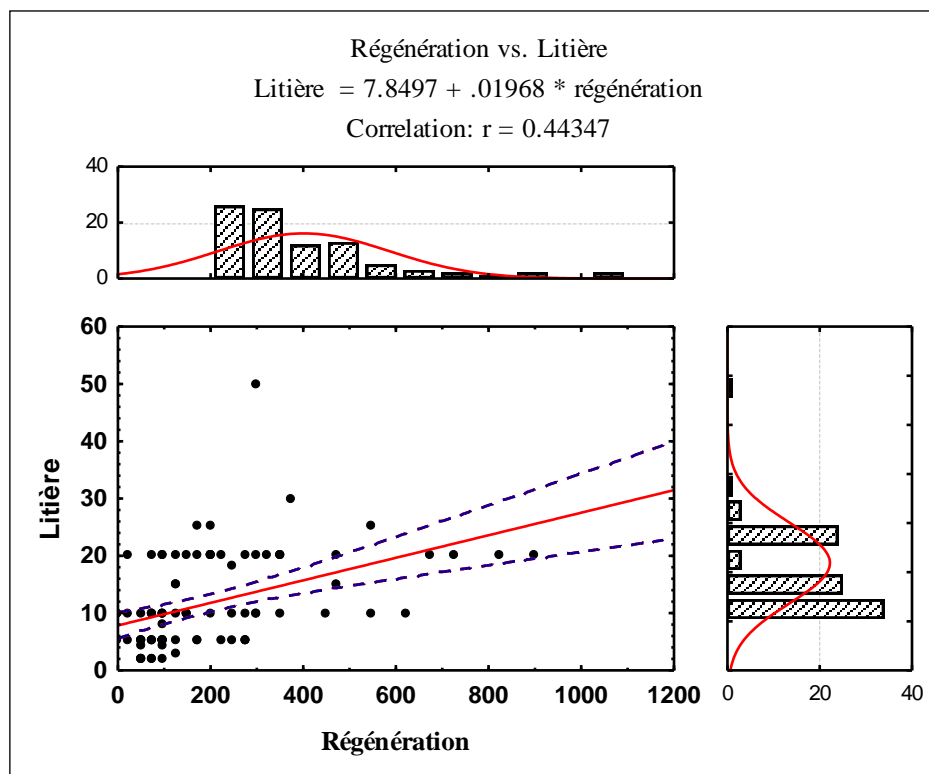


Figure 49 : Influence de la couverture de la litière sur la densité de régénération de *Juniperus phoenicea*

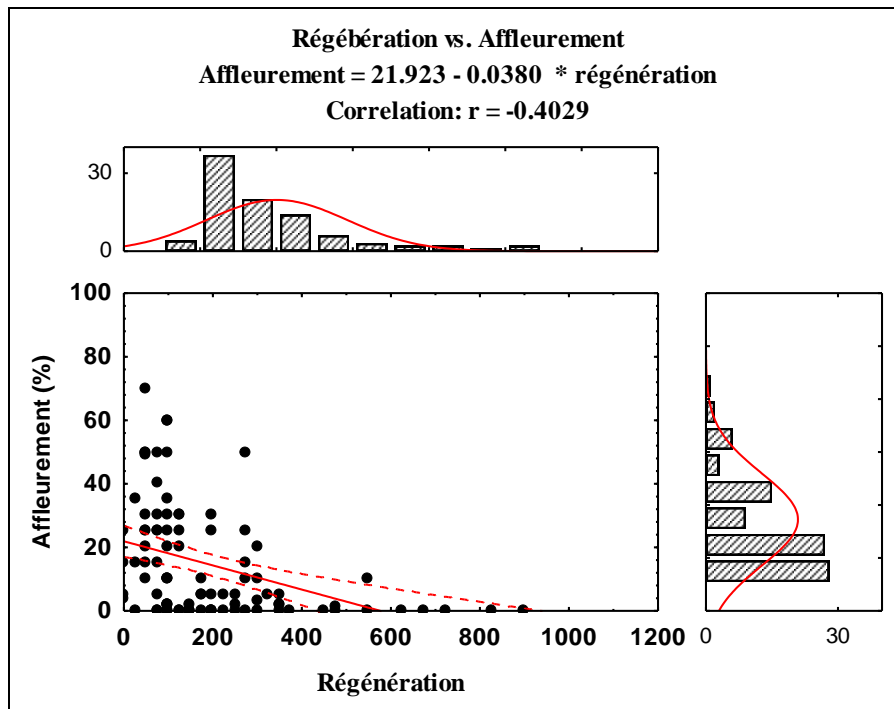


Figure 50 : Influence de l’affleurement sur la densité de régénération de *Juniperus phoenicea*.

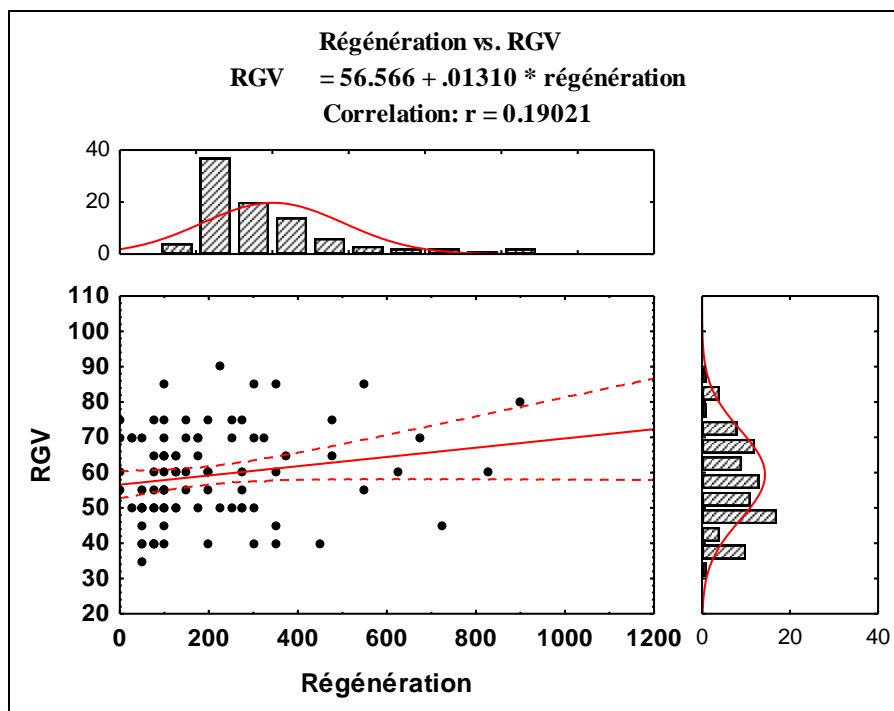


Figure 51: Influence de recouvrement de la végétation sur la densité de régénération de *Juniperus phoenicea*.

4.4.3. Effet des espèces accompagnatrices

La flore est considérée comme un critère synthétique et reflète les conditions du milieu (Hanens, 1998) ; une typologie des placettes étudiées a été établie en se basant sur l'affinité écologique de la première et la deuxième espèce dominante dans les groupements végétaux considérés.

Les groupes les plus représentés sont ceux où le *J. phoenicea* domine physionomiquement au premier rang avec une présence de 49%. Ensuite, le groupe composé du pin d'Alep et du *Juniperus phoenicea*, représente 40 % du total des placettes étudiées. Les autres combinaisons impliquant le *Juniperus phoenicea* (notamment avec *Olea europea* (*St 10*), *Quercus ilex* et *Pistacia terebenthus* dans les hautes altitudes) représentent des pourcentages faibles, variant entre 5 % à 2% (Figure 52).

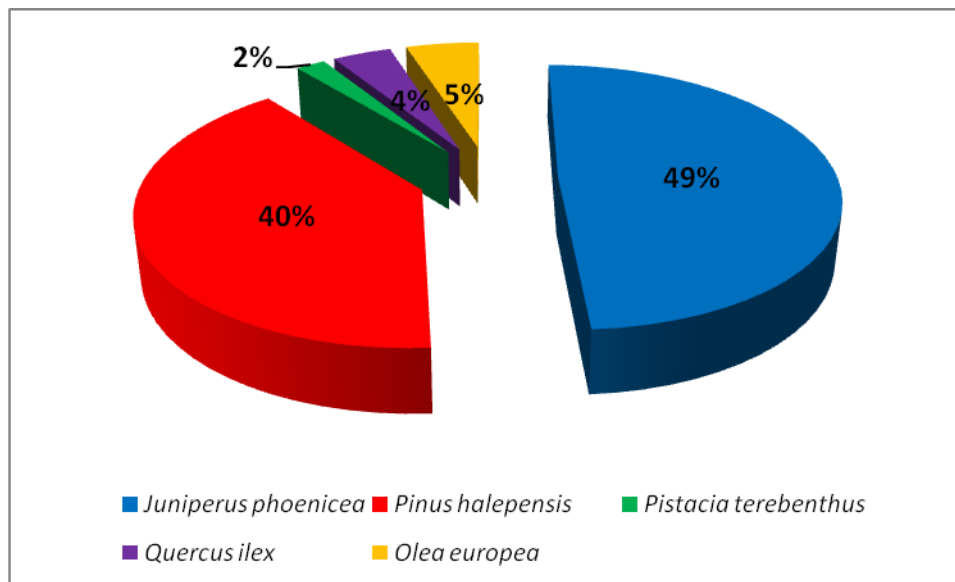


Figure 52. Répartition des placettes étudiées selon la première espèce dominante.

D'après la figure 53, l'analyse de la variance (ANOVA : $F(4,95) = 2.73439$, $p = 0.033354$) révèle une différence significative entre les différents groupements végétaux des juniperaies en fonction de la potentialité et du pouvoir de régénération naturelle de *J. phoenicea*. La meilleure densité de régénération de l'espèce correspond aux groupements de *Pinus halepensis* et dans les juniperaies pures, avec des moyennes de densité de régénération respectives de 250 ± 219 plantules/ha et 167 ± 158 plantules/ha. La densité de régénération est moyenne dans le groupement de *Olea europea* avec une valeur moyenne de 120 ± 102 plantules/ha ; En revanche, elle est faible dans les groupements de *Quercus ilex* et *Pistacia*

terebenthus, avec des valeurs moyennes de densité de régénération respectives, $31,25 \pm 12,5$ plantules/ha et $12,5 \pm 17,7$ plantules/ha.

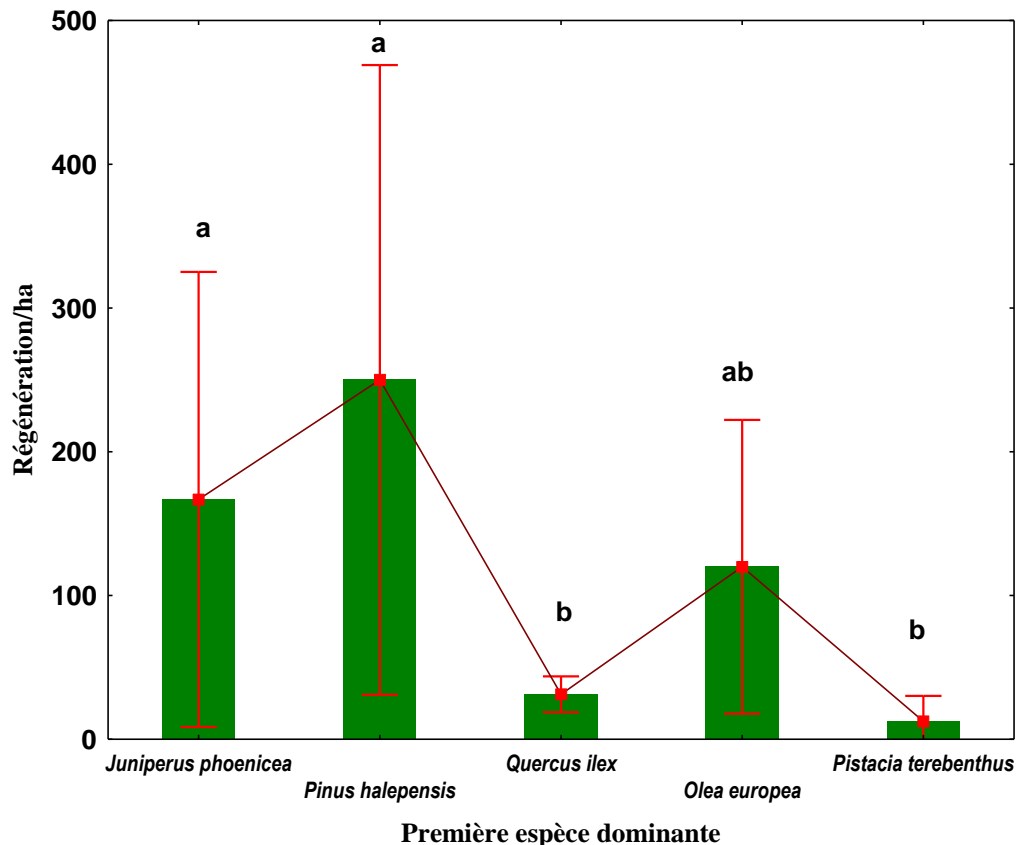


Figure 53. Potentialités de régénération naturelle de *J. phoenicea* selon les groupements végétaux ; les différentes lettres au-dessus des barres indiquent une différence significative à ($p < 0.05$ selon le test de *Tukey*. Résultats de l'ANOVA : $F(4,95) = 2.73439$, $p = 0.033354$).

Stipa tenacissima est l'espèce la plus abondante du deuxième rang, accompagnée de *Juniperus phoenicea*, représentant une fréquence de 24% des placettes étudiées. Ce groupe suit celui du pin d'Alep et du genévrier rouge, avec une fréquence de 33%. *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus* et *Olea europaea* suivent avec des taux de 18%, 9%, 5% et 4%, respectivement. Les autres espèces, telles que *Cistus libanotis*, *Globularia alypum*, *Bupleurum spinosum* et, en dernière position, *Ziziphus lotus*, sont moins représentées, avec des taux variant entre 1% et 3% (Figure 54).

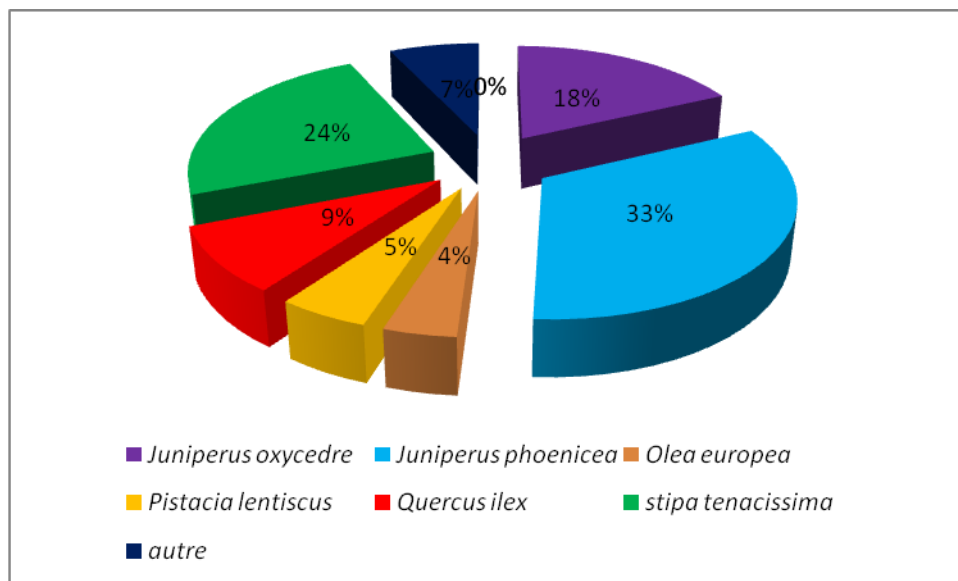


Figure 54. Répartition des placettes étudiées selon la deuxième espèce dominante.

À l'intérieur de chaque groupement végétal cité ci-dessus, la variation de la densité de régénération du genévrier rouge entre les placettes est très hétérogène. Par conséquent, l'analyse statistique (figure 55) n'a pas pu discriminer de manière significative les potentialités de régénération de ces groupements.

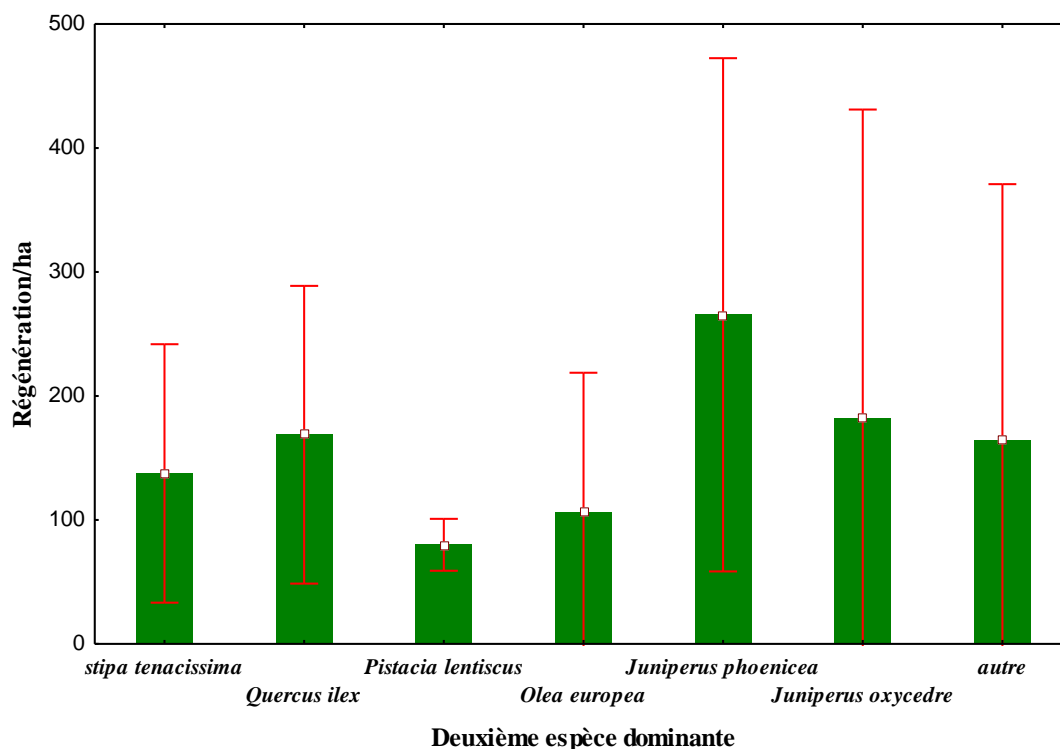


Figure 55. La potentialité de régénération naturelle du *Juniperus phoenicea* selon la deuxième espèce dominante; (Résultats de l'ANOVA : $F(6,93) = 1.77908$, $p = 0.111851$).

4.5. Pressions anthropiques

La quantification de la pression anthropique à l'aide d'indicateurs pertinents est interrompue en raison du manque de données socio-économiques fiables sur les utilisateurs de ces juniperaies. Nous nous basons donc essentiellement sur les observations sur le terrain des manifestations résultants de ces agressions, qui sont conjuguées et accentuées par d'autres facteurs climatiques.

Les formations de genévrier rouge dans l'Atlas saharien constituent une priorité secondaire, souvent négligées dans les mesures de protection par les gestionnaires de ces espaces, ce qui conduit à une utilisation anarchique et abusive de ces ressources par les populations locales.

Dans les différentes stations, la pression anthropique est souvent intense à très intense qui aboutit à une dégradation structurale et fonctionnelle de ces habitats ; le pâturage intense, l'utilisation de juniperaies comme des reposoirs de troupeaux et la coupe illicite sont considérés les principales agressions aboutissant à des répercussions à très forte empreintes sur la structure de ces formations. Cependant, cette pression est contenue dans nos stations et, par conséquent, cette dégradation affecte l'ensemble des juniperaies. L'absence d'un état de référence dans la région ne nous permet pas de quantifier précisément ce phénomène. L'élevage ovin extensif est le mode le plus dominant dans l'ensemble de l'Atlas saharien. Le surpâturage, surtout dans la période de disette, constitue sans doute le facteur majeur de dégradation. En effet, le plus souvent incontrôlé et excessif, il dénude les strates arbustives potentielles des juniperaies (*Rosmarinus tournefortii*, *Stipa tenacissima*, *Phillyrea angustifolia*, ...), il s'accompagne d'un ébranchage ou émondage volontaire des hauts genévriers, il diminue la qualité du sol (piétinement, érosion...), donc il se tasse, devient plus compact, ce qui réduit sa porosité et sa perméabilité pour l'eau, favorisant ainsi le ruissellement (Quezel, 1980) et par conséquent, il réduit la réceptivité du sol pour la régénération. Ainsi, il favorise l'installation et l'infiltration, dans l'absence des strates arbustives, de nombreuses espèces liées aux pâturages et à la steppe (Kadik, 2005) surtout des espèces therophytiques ; parmi ces espèces répertoriées dans notre cas d'étude, nous citons: *Brachypodium distachium*, *Bromus rubens*, *Aegilops triuncialis* ssp. *ovata*, *Micropus bombicinus*, *Minuartia campestris*, *Herniaria hirsuta*, *Paronychia argentea* et *Poa bulbosa*.

On note bien que sous l'effet du pâturage irraisonné les individus des peuplements les plus proches aux douars souvent sont aphyllés jusqu'aux cimes.

En raison de la qualité modeste du bois du Genévrier rouge, son utilisation est principalement limitée à un combustible et une ressource d'huile de cade pour les populations

riveraines. Par conséquent, le genévrier rouge ne constitue pas la principale ressource de bois de chauffage pour la population locale. Cela s'explique par la présence d'autres essences forestières, comme le pin d'Alep et le chêne vert, qui sont plus rentables et plus appréciées dans la plupart des stations. Cependant, dans les stations de Gultet stel (St10) et Chebeika (St07), le Genévrier rouge reste la seule ressource de bois de chauffage.

La coupe du genévrier rouge dans l'Atlas saharien se manifeste par des traces de coupes sur les petites branches, allant parfois jusqu'aux grosses branches, mais rarement par l'abattage complet de la souche. La coupe anarchique des branches maîtresses, voire de la tige principale, affaiblit la dominance apicale et laisse de nombreuses traces de mutilations. Cela pourrait être à l'origine des arbres à troncs multiples (Montes, 1999 ; Badri, 2013).

5. Impact de zoochorie sur la régénération du *Juniperus phoenicea*

La quantité de graines de *Juniperus phoenicea*, dans la matière fécale collectée, est assez importante vu que les galbules de *Juniperus phoenicea* est une source de nourriture cruciale dans cette période de l'année (hiver) où les ressources sont moins diversifiées et restreintes dans notre zone étude. La figure 56 montre les différentes origines des crottes identifiées dans notre zone d'étude.



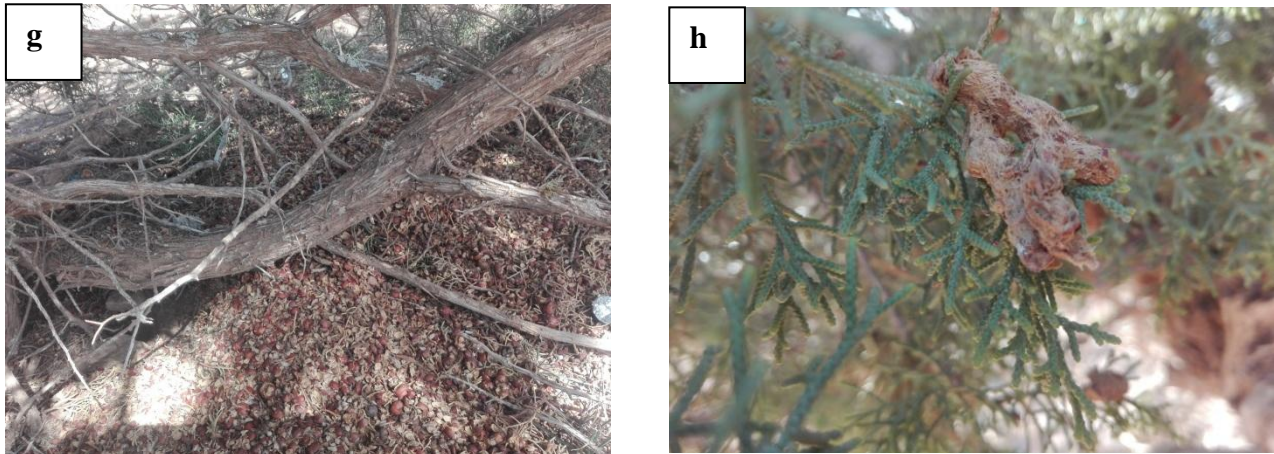


Figure 56 : Excréments des frugivores, des galbules de *Juniperus phoenicea* dans la région d'étude. (Photos Benaberrahmane A.2020)

Légende : Excréments de : (a) *Turdus torquatus* ; (b) *Genetta genetta* ; (c) *Sus scrofa* ; (d) *Meriones shawii*; (e) *Canis anthus*; (f) *Vulpes vulpes*; (g) galbules frayant par les oiseaux granivores ; (h) indéterminé

5.1. Taux de germination

Les taux de germination de *J. phoenicea* des différents lots obtenus au cours de ces essais varient fortement entre 0 et 63,33%. Statistiquement l'analyse de la variance montre qu'il existe un effet très hautement significatif ($P < 0.001$) des différents lots sur le taux de germination (figure 57). Par ailleurs, le test *Tukey* au seuil de 5% permet de classer les lots de graines (de différentes origines) en groupes homogènes. Selon ce test les lots de Témoin, Djellel Merle et Zabache Merle fait partie du groupe (a), le groupe (b) correspond aux Djellel Sanglier, Zabache Sanglier, Djellel Loup doré, Nakazia Genette et Haouas Renad roux, tandis que les cinq lots de Mérieone de Shaw et Djellel Becs oiseaux sont classées dans le groupe (c).

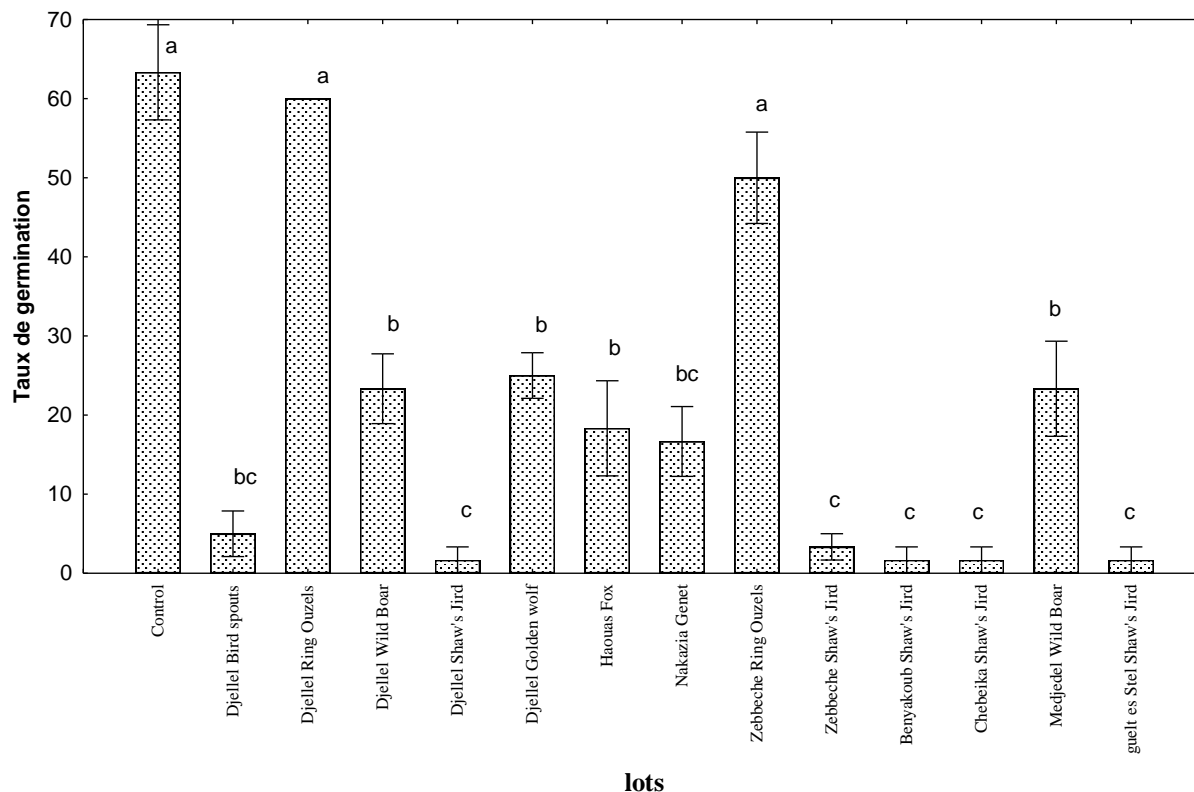


Figure 57 : Effet de l'ingestion par les frugivores sur le taux de germination des graines de *Juniperus phoenicea*.

Les barres représentent la moyenne \pm Ecart type (n= 3 répétitions). Les différentes lettres au-dessus des barres indiquent une différence significative à $P < 0.001$ selon le test de Tukey.

Le taux nul de germination, est enregistré dans les lots de graines partiellement dépulpées, la galbule est fragmentée selon le nombre de graines sans enlever la pulpe charnue qui les enrobe. Ces tissus de la pulpe (arille) contient des inhibiteurs de germination ; l'élimination de cette pulpe peut améliorer significativement la germination (Evenari, 1949; Mayer et Poljakoff, 1975 ; Diarmid *et al.*, 1977; Izhaki et Safrel, 1990; Barnea *et al.*, 1991; Clergeau, 1992 ; Bustamante *et al.*, 1993 ; Lisci et Pacini, 1994 ; Traveset, 1998 ; Barnea *et al.*, 1990 ; Samuels et Levey, 2005 ; Pérez-Cadavid *et al.*, 2018) et peut aussi réduire la possibilité d'infections microbiennes ou fongiques (Jackson *et al.*, 1988).

Le score du taux de germination du témoin, graines totalement dépulpées manuellement, est le plus élevé avec 63,33 % (figure 58a); cette valeur est relativement similaire à celle enregistrées par Sebastian (1958) et Zine el Abidine *et al.* (1996) ; vue la limite de la durée de l'expérience 30 jours, le taux de germination de *J. phoenicea* obtenu est très acceptable pour une essence forestière ayant une fructification abondante et affirme la suggestion de Sibastian en 1958, selon laquelle, les graines de genévrier rouge germent facilement donc, il y'a pas d'inhibition tégumentaire, ni de dormance embryonnaire chez cette

espèce. Par contre, Mandin (2010) et Moustafa *et al.* (2016) ont, eux, obtenu un taux de germination moins de 8% pour *J. phoenicea* pour les peuplements des gorges de l'Ardèche (France) et Guebel Halal, Sud Sinai (Egypte).

Pour les lots des graines déféquées par les frugivores, un meilleur taux de germination est marqué chez les lots issus de crottes de merle, en l'occurrence, lots de Djellel Merle et Zabache merle avec respectivement de 60% et 50 % (figure 58e). Ces estimables valeurs pourraient être dues au fait que le merle à plastron est capable de choisir les galbules les plus mûres et par conséquent, les graines matures qui ont un grand pouvoir de germination. Beaucoup d'études montrent qu'il y a une gamme d'espèces végétales dont les graines ne sont pas affectées à l'ingestion par les merles, telles que *Solanum nigrum* (Barnea *et al.*, 1990) et *Aralia nudicaulis* (Krefting et Roe, 1949). Ainsi, Traveset et Verdú (2002), affirment que le temps de passage intestinal des graines est plus court chez les oiseaux par rapport aux autres mammifères non volants et il s'est avéré avoir un effet positif significatif sur la germination. En outre, les lots de graines déféquées par le sanglier, le loup doré, le renard roux et la genette montrent un taux de germination moyen de 17 à 36%. Cependant, les deux lots issues des crottes de sanglier (Gueltet Stel sanglier et Djellel sanglier) marquent des taux de germinations identiques de l'ordre de 23,33% (figure 58d). Cette valeur est presque égale à l'un tiers de celles de témoins et de merle.

Le passage des graines à travers le tube digestif des frugivores a un rôle primaire d'éliminer la pulpe charnue des galbules de *J. phoenicea* qui peut contenir des composants chimiques inhibant la germination (Barnea *et al.*, 1990 ; Traveset, 1998 ; Samuels et Levey, 2005 ; Pérez-Cadavid *et al.*, 2018).

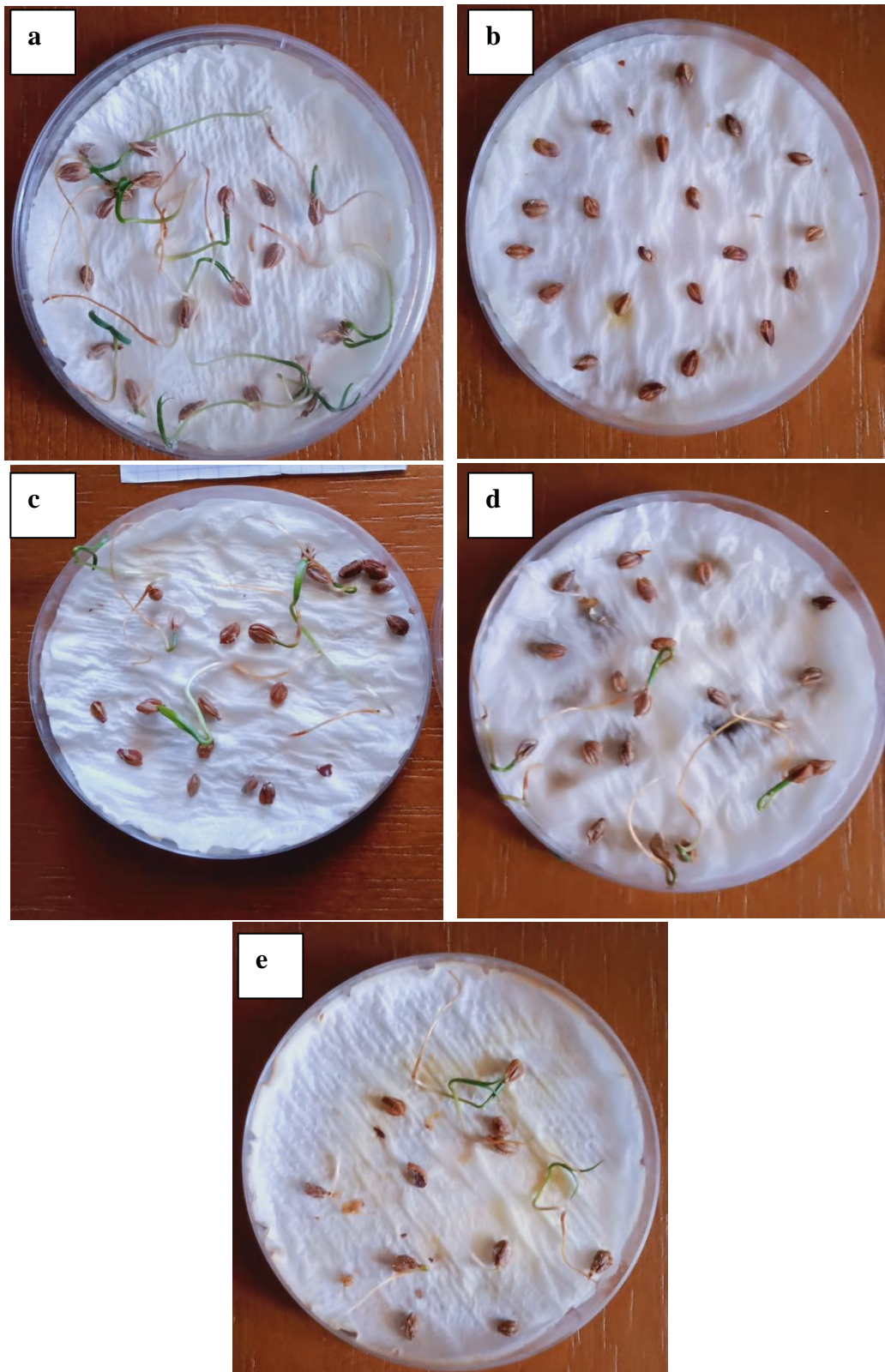


Figure 58 : Germination des graines de *J. phoenicea* ingérées et non ingérées.

Légende: a: Témoin ; b: *Meriones shawii* ; c: *Vulpes vulpes*; d: *Sus scrofa* ; e: *Turdus torquatus*.

Michel et Françoise (1985), ont constaté que la fonction disséminatrice du sanglier est minime car les fèces de cet animal contiennent une faible abondance des graines intactes. En outre, le mode de nourriture de cet animal est non sélectif, il peut avaler à la fois des galbules matures et non, surtout que le *J. phoenicea* porte sur le même rameau des galbules de deux générations : première et deuxième années, donc les graines ingérées par le sanglier ne sont pas toutes matures ; ainsi, les mêmes auteurs ont ajouté que le sanglier consomme une large gamme de diaspores des espèces végétales et par conséquent joue un rôle dans la dissémination et la structuration des communautés végétales.

De plus, l'effectif de populations du sanglier est relativement abondant dans les massifs de l'Atlas saharien, ce qui nous a permis de déduire l'important avantage dédié par le sanglier au terme de la dissémination de *J. phoenicea* dans notre zone d'étude.

Par ailleurs, les lots des graines déféquées par le loup doré, le renard roux et la genette montrent des taux de germination de 35,71% ; 16,67% et 18,33%, respectivement. Ces carnivores sont des frugivores occasionnelles de Génévrier de Phénicie (Herrera, 1989 ; Willson, 1993 ; Clevenger, 1996) qui ont une forte potentialité d'être disperseurs des graines (Herrera, 1989 ; Bustamante *et al.*, 1992), ils ont la capacité de disséminer les graines loin des arbres géniteurs en raison de leurs domaines vitaux étendus, de leur grande mobilité et de leurs temps de passage dans le tube digestif prolongé (Clevenger, 1996 ; Varela et Bucher, 2006). Ainsi, ces carnivores mammifères peuvent déposer les graines sur une variété de microhabitats plus favorables à leurs établissement (Howe et Miriti, 2000 ; Varela et Bucher, 2006). Les carnivores représentent la maille faible de disséminateurs de *J. phoenicea* en vue de la quantité des galbules consommés ainsi, que l'effectif de ses populations est très faible par rapport aux autres frugivores dans la zone d'étude.

Enfin, les faibles taux de germination, de 1,67 à 5%, ont été obtenus pour les lots des graines qui se sont échappés des becs oiseaux granivores et les cinq (05) lots des graines issus des crottes du rongeur (Mérione de Shaw). En effet, les oiseaux granivores frayant les galbules de *J. phoenicea* et décortiquent l'exoderme des graines pour atteindre l'endoderme. Dans ce processus, il y a des graines qui s'enfuient accidentellement (figure 56g), ces graines sont dépulpées par les becs des oiseaux granivores ; il convient que le nombre des espèces des oiseaux granivores répertoriés que nous avons observés fréquenter le *J. phoenicea* dans la zone d'étude (tableau 23), ainsi à la quantité des graines dénudés et à la quantité des graines accidentellement relâchées, ces oiseaux granivores participent en partie non négligeable dans la dissémination de *J. phoenicea*.

Tableau 23: Principaux oiseaux granivores observés fréquentant les juniperaies dans la zone d'étude.

Nom français	Nom scientifique	Nom commun
Bruant fou	<i>Emberiza cia</i> Linnaeus, 1766	Rock Bunting
Pinson d'arbres	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus, 1758.	Common Chaffinch
Linotte Melodieuse	<i>Linaria cannabina</i> Linnaeus, 1758.	Common Linnet
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i> Linnaeus, 1758.	Greenfinch

Nonobstant, que plusieurs auteurs (Salomonson, 1978 ; Chavez-Ramirez et Slack, 1993 ; Garcia, 2001, Horncastle *et al.*, 2004) indiquent que les rongeurs sont strictement prédateurs de graines de *J. phoenicea*, mais l'aspect morphologique intact des graines de *J. phoenicea* récupérées de la matière fécale de Mérieone de shaw (02 à 03 graines par crotte), nous a encouragé à tester leur pouvoir germinatif.

Les faibles taux de germination des lots récupérés des crottes de la Mérieone de Shaw, n'excède pas le 5% . Ceci pourrait être dû au fait que le passage des graines de *J. phoenicea* dans le tube digestif de Mérieone de shaw a un effet destructif ou bien il affecte les caractères intrinsèques des graines.

Dans notre cas, ce rongeur occupe les lisières de matorrals de *J. phoenicea* et se nourrit à ses galbules en période de disette (la saison hivernale). Ainsi, Le Berre (1990), Djerbaoui (2010), Soutou *et al.* (2012) et Djerbaoui *et al.* (2013) ont affirmé la pullulation flagrante de cette espèce dans la région des hauts plateaux. Djerbaoui *et al.* (2013) signalent que le Mérieone de shaw comme l'un des ravageurs des plus redoutables où un individu peut emmagasiner une importante quantité de fruits dans sa terrière ; une partie des graines enterrées sont oubliées et germent en nombre suffisant pour assurer une régénération efficace.

5.2. Cinétique de germination

L'évolution des taux de germination cumulés de 15 lots de *J. phoenicea* provenant de différentes origines, en fonction du temps (figure 59), montre que la courbe relative au témoin (les graines dépulpées manuellement) est bien dominante avec un taux de germination cumulée atteignant environ 60 % au bout de quelques jours, stabilisant ensuite. Cela indique que les graines non ingérées ont une capacité de germination plus élevée que celles ayant passé par le tube digestif des animaux étudiés. Les courbes des autres lots de graines ingérées, montrent des taux de germination bien plus faibles. En particulier, les lots associés à certains

animaux comme Merle, loup doré et sanglier montrent une germination modérée mais qui reste significativement inférieure au témoin. D'autres lots, les graines récupérées à partir de la crotte du rongeur (*Meriones shawii*) et les graines partiellement dépulpées, présentent des taux proches de zéro.

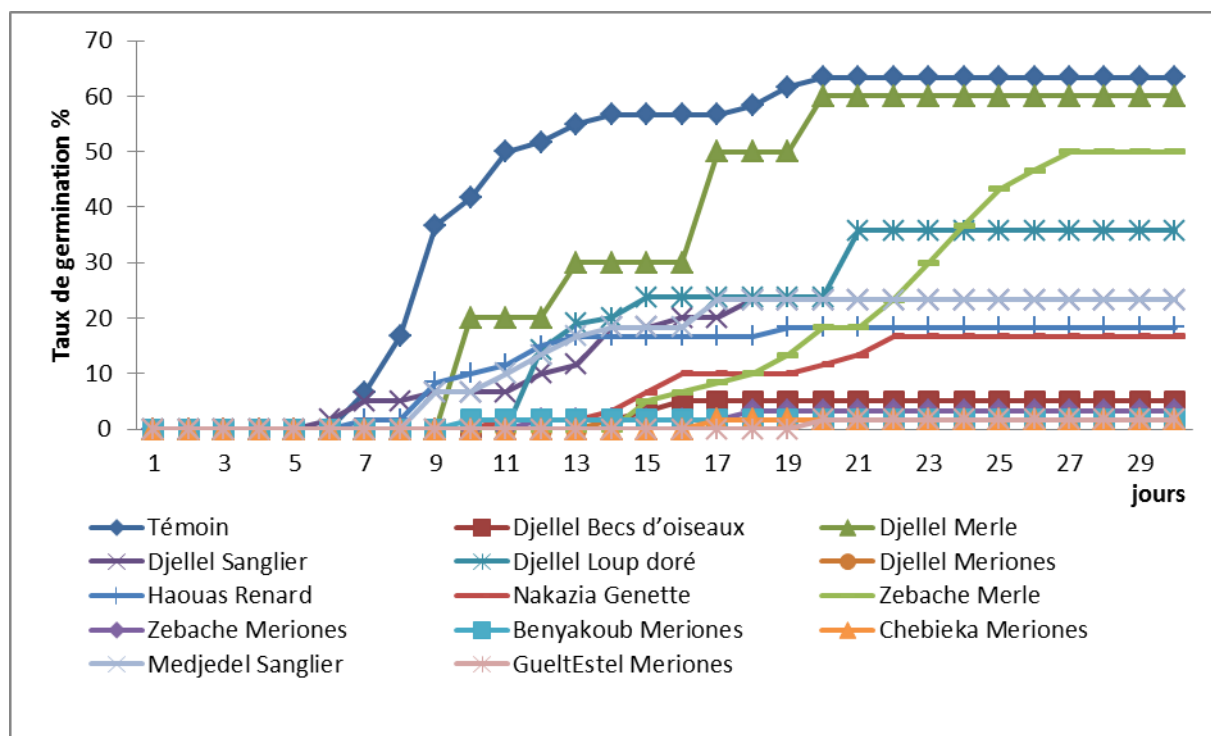


Figure 59 : Evolution du taux de germination des graines de *Juniperus phoenicea* ingérées et non ingérées.

5.2.1. Durée de vie latente T_1 :

La durée de vie latente T_1 est répartie selon l'origine des graines récupérées, du 5^{ème} jour jusqu'au 17^{ème} jour à partir de la date de semis. Une germination précoce apparaît dans les lots de bec d'oiseaux (5 jours), Témoin (5 jours), Djellel sanglier (6 jours), et Haouas genette (7 jours). En revanche, une germination tardive est constatée dans les lots de Djellel Mérieone (14 jours), Zabache Mérieone (12 jours), Chebeika Mérieone (17 jours), Mejedel sanglier (09 jours), Gueltet Stel Mérieone (11 jours), Benyakoub Mérieone (10 jours), Djellel Merle (10 jours), Zabache Merle (12 jours), Djellel loup doré (12 jours) et Nakazia Renard roux (11 jours). A cet effet, nous constatons que la durée de vie latente des graines de *J. phoenicea* est significativement prolongée, par rapport au témoin, après le passage à travers le tube digestif du merle à plastron, du Mérieone de shaw et le Renard roux et le loup doré.

La durée de germination exponentielle est très rapide et courte pour le témoin (5jours) suivie par les deux lots du Merle, lente pour les lots des carnivores et indéterminé pour les lots où la germination est très faible (cas de Mérione de shaw).

Le taux de germination se stabilise à partir du 26^{ième} jour dans tous les lots mis en germination. Cependant, les faibles valeurs de taux de germination de 1,67 à 5% enregistrés dans les lots de graines récupérées à partir des crottes de Mérione de Shaw où le nombre de graines germées de 1 à 3 graines dans chaque lot ne permet pas de déterminer les paramètres de mesure de germination convenables T_1 et TMG.

5.2.2. Temps Moyen de Germination (TMG)

Le Temps Moyen de Germination (TMG) de différents lots des graines déféquées par les frugivores est considérablement élevé par rapport au TMG de témoin, dont la limite où le taux de germination est significatif (Figure 60).

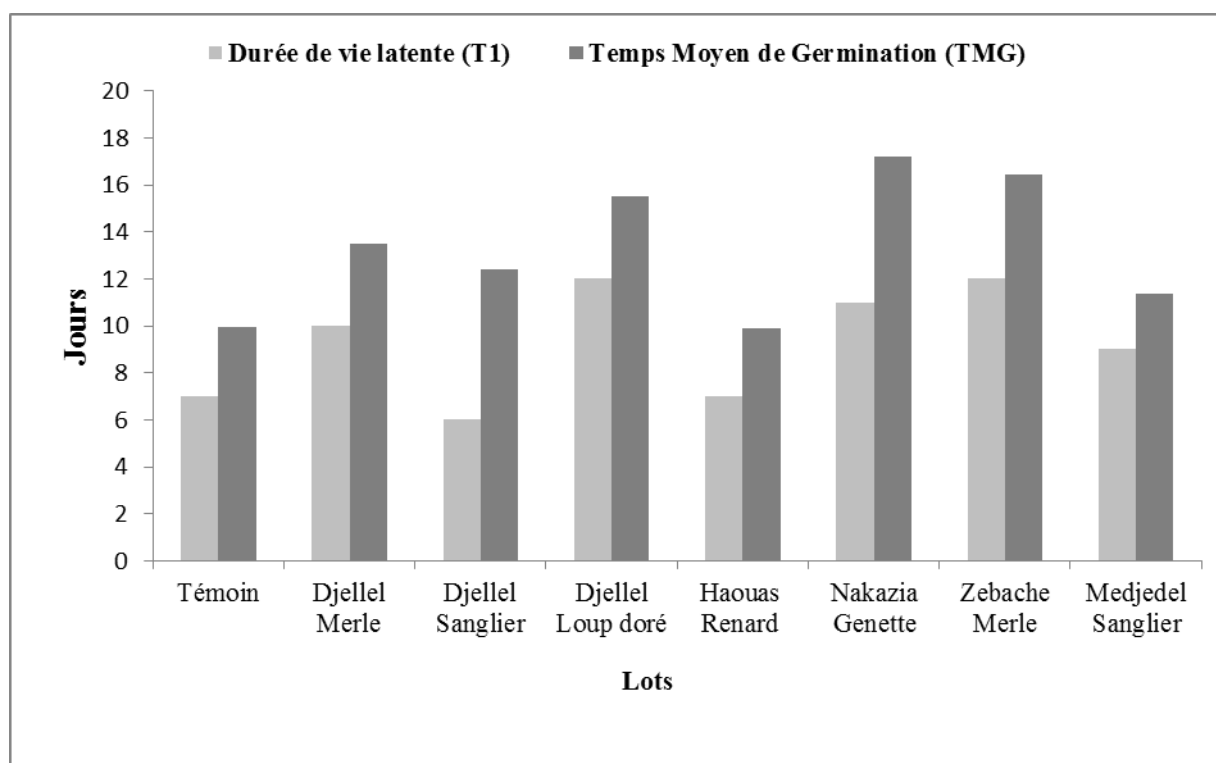


Figure 60 : Effet de l'ingestion par différents frugivores sur le temps moyen de germination (TMG) et la durée de vie latente (T_1) des graines de *Juniperus phoenicea*.

Le TMG varie de 9,97 jours à 17,2 jours, dont le témoin est germé plus rapidement (10 jours) que celles ayant subi le passage à travers le tube digestif des frugivores où il atteint son maximum de 17,2 jours avec le lot Nakazia Renard. Cette réduction de la vitesse de germination, des lots de graines ingérées par les frugivores est probablement due, selon

Traveset (1998), au processus d'ingestion qui peut inhiber la germination en retardant leur temps de germination (le mécanisme pour cela est inconnu). Nous constatons alors une variation dans la cinétique de germination des graines déféquées par les frugivores ; par rapport aux graines non ingérées ; cette variation est traduite par la prolongation de la durée de vie latente (T_1) et de la durée de germination moyenne (TMG) et par conséquent la modification du modèle de germination de graines de *Juniperus phoenicea*.

Selon Verdù et Traveset (1998), le passage des graines de nombreuses espèces végétales à travers le tube digestif des frugivores affecte la vitesse de germination. Ce modèle de germination est particulièrement avantageux dans les habitats Méditerranéens, où le risque de mortalité des semences doit être étendu dans le temps, il est plus adapté aux conditions climatiques, principalement pluie, imprévisibles (Izhaki et Safriel 1990 ; Barnea *et al.*, 1991 ; Izhaki *et al.*, 1995 ; Traveset, 1998).

Les galbules du genre *Juniperus* L. étant très riches en résine et en huiles essentielles, elles fournissent aux oiseaux l'énergie nécessaire à la migration printanière. Cependant, chez les plantes fructifères charnues, les frugivores jouent un rôle important dans l'efficacité de la dispersion des graines dans les microclimats disponibles (Schupp, 1993 ; Adams, 1998 ; Rumeu *et al.*, 2009 ; Hafsi *et al.*, 2017). Les oiseaux sont le principal vecteur de dispersion des graines de nombreuses espèces végétales, contribuant ainsi à leur migration sur de longues distances (Whittaker et Fernández-Palacios, 2007). De plus, pour les espèces du genre *Juniperus* L., Grant (1980) a rapporté l'effet d'une bonne dispersion des graines par l'ornithochorie sur la variabilité des populations du genre *Juniperus* contrairement à celles de *Cupressus*. En Algérie, l'étude de Milla *et al.* (2013) ont attesté le comportement trophique des oiseaux sur la diversité des fruits charnus du Sahel d'Alger dont *J. phoenicea* subsp. *turbinata*, selon la couleur, le volume et le nombre de graines.

Conclusion

Sous un bioclimat semi-aride, les peuplements du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.) de l'Atlas saharien central, souvent, impacté par une activité humaine abusive, fait l'objet de la présente étude. En traitant l'impact des facteurs intrinsèques et extrinsèques sur la régénération naturelle du genévrier rouge, nous pouvons conclure ce qui suit :

Les données recueillies sur l'état des lieux sur la régénération du genévrier rouge (densité et structure) permettent de conclure :

- La régénération naturelle se caractérise par une remarquable hétérogénéité intra et inter-stationnelle. La densité moyenne de régénération des différents peuplements étudiés est de $189.25 \pm 187,3$ plantules/ha, elle oscille entre 0 à 900 plantules/ha ;
- Les résultats reflètent la grande plasticité écologique de *Juniperus phoenicea* dans la région d'étude (l'Atlas saharien central), qui persiste malgré les perturbations humaines dans toutes les stations étudiées, accentuée par l'effet du stress abiotique. Il garde toujours, au moins partiellement, sa niche écologique de régénération ;
- Les populations étudiées de *Juniperus phoenicea* se trouvent dans trois "types écologiques" contrastés ; Les populations en extension, les populations auto-suffisantes et les populations en déclin. Le premier type comprend des populations relativement jeunes, caractérisées par une densité de régénération élevée et un indice de régénération de 2,2 à 3,8 juvéniles/adulte, dans lesquelles on assiste au dépérissement du pin d'Alep qui cède la place au genévrier rouge. Le second type englobe les populations matures avec un ratio (juvénile / adulte) équilibrés au voisinage de 1. Ces juniperaies stables avec une régénération naturelle auto-suffisante occupent les bas versants sur un sol calcaire. A la fin, les vieilles populations en déclin dont indice de régénération ne dépasse guère 0,5 juvénile / adulte, leur persistance est grâce principalement à sa durée de vie relativement longue, donc le déclin de la population n'est pas immédiatement apparent, ces peuplements sans ressources, sont soumis à des contraintes d'ordre physique (affleurement, sol gréseux), climatique (exposition sud) et d'autres facteurs biotiques (résilience et compétition).
- L'Analyse des données démographiques par tables de mortalité du genévrier rouge a montré que le renouvellement naturel pouvait être maintenu et que la taille de la population reste à un certain moment à l'avenir.
- Les courbes de survie ont permis de conclure que la structure d'âge des peuplements de *Juniperus phoenicea* avait tendance à être les 03 formes du courbe de survie de

Deevey I, II et III selon la dynamique de la formation végétale considérée et les conditions environnantes (exogènes et endogènes).

- Le genévrier rouge peut se développer aussi bien en pleine lumière qu'à l'ombre, et la facilitation n'est pas le mécanisme principal de sa régénération. Les régénérations sont abondantes sous l'abri de leurs arbres géniteurs dans la quasi totalité des stations étudiées, favorisées par les microsites pédologiques engendrés sous les ligneuses.

Les conditions orographiques montrent un effet prononcé, entre autres, sur la régénération du genévrier rouge, de telle sorte que:

- Dans la tranche altitudinale 950-1550 m, l'altitude ne semble pas avoir d'impact significatif sur la régénération de *Juniperus phoenicea*.
- Le versant nord, plus frais et plus humide, est plus favorable à la régénération du genévrier rouge que le versant sud (chaud et sec).
- Les peuplements sur un sol calcaire avec une texture équilibrée et un bon bilan hydrique se régénèrent mieux (238.7 ± 216.9 plantules/ ha) que ceux installés sur un sol gréseux et marno-calcaire ($113.3 \pm 79,5$ plantules/ ha et $90,6 \pm 49,9$ plantules/ ha).
- La densité de régénération croît progressivement avec la baisse de la position topographique. La densité moyenne maximale de régénération de *Juniperus phoenicea* est observée dans les bas versants dans lesquels, le sol est profond et bien alimenté en apport d'eau de ruissellement.
- La meilleure densité de régénération est observée chez les peuplements reposants sur l'unité géologique mp (Miocène supérieur et Pliocène) ($p < 0.000061$) riche en éléments de forte rétention d'eau.

Les changements globaux apparaissent comme un obstacle aux habitats potentiellement favorables au genévrier rouge, ce qui forcera ses populations à utiliser les bas versants et l'ubac du Djebel comme refuges climatiques dans lesquelles elles bénéficient d'un apport d'eau de ruissellement et de sol équilibré, profond et de bon bilan hydrique.

L'analyse des relations entre la régénération naturelle du genévrier rouge et les paramètres dendrométriques, montrent que :

- la régénération du genévrier rouge est diminuée avec l'ampleur des attributs du peuplement, notamment la densité des peuplements, la hauteur dominante et la surface de projection des houppiers ; elle est augmentée proportionnellement avec la hauteur totale

moyenne, la surface de projection des houppiers dominante et le ratio juvénile/adulte. Ces relations réaffirment le caractère héliophile du genévrier rouge.

- La densité de régénération maximale du genévrier rouge a été observée chez les peuplements où la couverture de la canopée est modérée entre 16% et 20 % et une densité de semenciers comprise entre 100 à 115 arbres/ha.

Les résultats des paramètres phytoécologiques nous permettent de conclure que :

- Vu la perturbation permanente des juniperaies par l'action anthropogène, aucune corrélation significative entre le recouvrement de sous-bois des Juniperaies de toutes les strates confondues et l'installation des nouveaux juvéniles du *J. phoenicea*.
- Des effets significatifs ont été observés sur la densité de régénération du *J. phoenicea*, avec une influence positive du taux de recouvrement de la litière par l'amélioration des conditions de site ($p < 0,05$; $r = 0,44$) et une influence négative de recouvrement des affleurements de roche mère par réduction de l'espace exploitable ($p < 0,05$; $r = -0,4$).
- La potentialité et le pouvoir de régénération naturelle du genévrier rouge, sous l'effet de l'ambiance écologique, y compris la dynamique et la structuration, indiqué par les espèces dominantes, montrent que la meilleure régénération du *J. phoenicea* correspond aux groupements à *Pinus halepensis* et à juniperaies pures. Elle s'avère être moyenne dans les groupements à *Olea europea*; en revanche, elle est faible dans les groupements à *Quercus ilex* et à *Pistacia terebenthus*.

La pression anthropique, surtout le pacage, a un effet préjudiciable et annule la potentialité de régénération, et met *J. phoenicea* et la diversité de sa communauté en menace perpétuel dans des conditions précaires de survie. Les peuplements de *J. phoenicea* ont perdu leur pouvoir de régénération naturelle au fil du temps due à la détérioration des caractéristiques du sol forestier (pinèdes), accentuées par l'activité anthropogène. Ce sol apparait un lit optimal favorable à l'installation de jeunes individus.

L'étude de l'impact de la zoochorie dans la dispersion et la régénération du *J. phoenicea* dans l'Atlas saharien central, nous permet de conclure ce que suit :

- Les frugivores étudiés participent vivement à enlever la pulpe charnue (dépulper) des graines de *J. phoenicea* considérée comme principale obstacle de leur germination.
- Une variation dans la cinétique de la germination des graines ingérées par les frugivores se traduit par la modification du modèle de germination des graines de *J. phoenicea*.

- Certes les frugivores n'affectent pas positivement le taux de germination de *J.phoenicea*, mais la diversité spécifique de l'utilisateur (consommateur) de ses galbules comme source nutritionnelle, leurs modes d'exploitation et de dissémination contribuent à l'hétérogénéité des caractéristiques de germination des graines qui peuvent ainsi diversifier les habitats sur lesquels s'installent les nouvelles plantules et conquièrent de nouveaux territoires plus adéquats aux changements globaux. Donc, grâce à l'endozoochorie, le *Juniperus phoenicea* apparaît comme une espèce ayant une mobilité spatio-temporelle.

L'étude actuelle a enrichi les connaissances existantes sur l'autoécologie du *Juniperus phoenicea* et a contribué à approfondir notre compréhension des effets des conditions environnementales sur la distribution de cette espèce.

Ce travail ne constitue qu'une étude préliminaire sur la régénération naturelle du genévrier rouge en zone semi-aride. En effet, bon nombre de facteurs n'ont pu être analysés et ont seulement été abordés, sommairement. Dans un cadre globale et en perspectives, Il serait bon de mener des recherches ultérieures:

- Relatives aux processus de production et de productivité grainière et son état sanitaire ;
- De déterminer la niche et le lit de germination de graines de genévrier rouge dans les conditions in-situ ;
- D'étudier de l'évolution du bilan hydrique, surtout estival avec les changements climatiques comme une clé de voute pour tout le système.

À l'issu de ce présent diagnostic, l'état actuel des juniperaies de l'atlas saharien central interpelle à des actions de conservation pour garantir sa durabilité. Parmi les recommandations à proposer aux tutelles du domaine forestier, nous pouvons citer :

- La nécessité immédiate de conserver et de protéger les zones actuelles de distribution des populations déclinantes de *Juniperus phoenicea* par la mise en défens, temporaire et/ou intégrale, à l'abri du pâturage pour permettre aux peuplements de se régénérer et d'atteindre un équilibre ;
- De dresser un plan d'aménagement bien conçu, plus approprié aux situations actuelles et plus adapté aux changements globaux qui permettra d'assister leur régénération et/ou de réhabiliter ces biocénoses.

Références bibliographiques

1. Abdalrhim M., 2021. Size Structure of *Arbutus pavarii* and *Juniperus phoenicea* Populations in Al-Marj Plain, Libya. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Advanced Technology*, 1, 10-16.
2. Abu-Darwish M. S., Cabral C. et Salgueiro L., 2014. *Juniperus phoenicea* from Jordan. In *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East* (pp. 241-252). Springer, Dordrecht.
3. Abu-Darwish MS, Ofir R., 2012. Heavy metals content and essential oil yield of *Juniperus phoenicea* L. in different origins in Jordan. *Environ Eng Manag J*.12, 3009-3014.
4. Adamou-Djerbaoui M., Denys C., Chaba H., Seid M. M., Djelaila Y., Labdelli F. et Adamou, M. S., 2013. Etude du régime alimentaire d'un rongeur nuisible (*Meriones shawii* Duvernoy, 1842, Mammalia Rodentia) en Algérie. *Lebanese Science Journal*, 14(1): 15-32.
5. Adamou-Djerbaoui M., Djelaila Y., Adamou M. S., Baziz B., Nicolas V. et Denys, C. 2010. Préférence édaphique et pullulation chez *Meriones shawii* (Mammalia, Rodentia) dans la région de Tiaret (Algérie). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 65(1): 63-72.
6. Adams R. P. et Schwarzbach A. E., 2013. Phylogeny of *Juniperus* using nrDNA and four cpDNA regions. *Phytologia*, 95(2), 179-187.
7. Adams R. P. et Thornburg D., 2010. A review of seed dispersal in *Juniperus*. *Phytologia* 92: 424-434.
8. Adams R. P., 2011. *The junipers of the world: The genus Juniperus* (3rd ed.). Victoria, BC: Trafford Publ.
9. Adams R. P., Altarejos J., Arista M. et Schwarzbach, A. E., 2014. Geographic variation in *J. phoenicea* var. *phoenicea* from throughout its range: analysis of nrDNA and the petN-PsbM cp region. *Phytologia*, 96, 247-251.
10. Adams R. P., Boratynski A., Arista Palmero M., Schwarzbach A. E., Leschner H., Liber, Z., Minissale P., Mataraci T. et Manolis, A. 2013. Analysis of *Juniperus phoenicea* from throughout its range in the Mediterranean using DNA sequence data from nrDNA and petN-psbM: The case for the recognition of *J. turbinata* Guss. *Phytologia*, 95(2), 202-209.
11. Adams R. P., Nguyen S. et Achak N., 2006. Geographic variation in *juniperus phoenicea* from the Canary Islands, Morocco and Spain, based on RAPDS analysis. *Phytologia*, 88(3).
12. Adams R. P., Pandey N., Rezzi S. et Casanova J., 2002. Geographic variation in the Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) of *Juniperus phoenicea*, Jp var. *canariensis*, Jp subsp. *eu-mediterranea*, and Jp var. *turbinata*. *Biochemical systematics and ecology*, 30(3), 223-229.
13. Adams R.P., 1998. The leaf essential oils and chemotaxonomy of *Juniperus* sect. *Juniperus*. *Biochemical Systematics and ecology*, 26: 637-645.

14. Adams R.P., 2004. *Junipers of the World: the genus Juniperus*. Trafford Publishing, 275 p.
15. Adams R.P., Rumeu B.R., Nogales M. et Fontinha S.S., 2010. Geographic variation and systematic of *Juniperus phoenicea* L. Madeira and the Canary Islands: Analyses of SNPs from nrDNA and petNpsbM DNA. *Phytologia*, 92 (1), 59-67.
16. Adams RP., 2008. *Junipers of the world: the genus Juniperus*, 2nd edn. Trafford Publishing Company, Vancouver.
17. Adams, R. P., 2014. *Junipers of the world: The genus Juniperus*, 4th ed. Bloomington, IN: Trafford Publ
18. Addar A., 2016. *Mise en évidence des processus diachroniques de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au niveau des massifs du Djurdjura et de Chrea*. Thèse Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 150 p.
19. Ahmed M., Shaukat S. S. et Buzdar A .H., 1990. Population structure and dynamics of *Juniperus excelsa* in Balouchistan, Pakistan. *Journal of Vegetation Science*, 1: 271-276.
20. Aidoud A., 1994. Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie: cas de la steppe d'alfa (*stipa tenacissima* L.). *Paralelo 37*, (16), 33-42.
21. Al-Sodany Y. M., Al-Yasi H. M. et Shaltout S. K., 2024. Demography of *Juniperus phoenicea* L. and *Juniperus procera* Hochst. ex Endl. populations at Sarrawat Mountains, Southwest of Saudi Arabia. *Journal of Ecology and Environment*, 48.
22. Amaral Franco, J., 1986. *Juniperus* L. In S. Castroviejo, M. Lainz, G. LÓpez Gonzàlez, P. Montserrat, F. Muñoz Garmendia, J. Paiva, & L. Villar (Eds.), *Flora iberica, 1*, 181-188.
23. Aparicio A., Zuki S., Pastorino M., Martinez-Meier A. et Gallo L., 2012. Heritable variation in the survival of seedlings from Patagonian cypress marginal xeric populations coping with drought and extreme cold. *Tree Genetics & Genomes*, 8, 801–810.
24. Arar A., Nouidjem Y., Bounar R., Tabet S. et Kouba, Y., 2020. Potential future changes of the geographic range size of *Juniperus phoenicea* in Algeria based on present and future climate change projections. *Contemporary Problems of Ecology*, 13(4), 429-441.
25. Arista M., Ortiz P. L. et Talavera S., 1997. Reproductive isolation of two sympatric subspecies of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in southern Spain. *Plant Systematics and Evolution*, 208, 225-237.
26. Asensi A., Díez-Garretas B. et Quézel P., 2007. Plant communities of *Juniperus turbinata* Guss. subsp. *turbinata* in the Mediterranean Region. A biogeographical, bioclimatical and syntaxonomical survey. *Phytocoenologia*, 37(3), 599.
27. Auld T.D., 1995. Seedling survival under grazing in the arid perennial *Acacia oswaldii*. *Biol Conserv* 72:27–32.

28. Austad I. et Hauge L., 1990. Juniper fields in Sogn, Western Norway, a man-made vegetation type. *Nordic Journal of Botany*, 9(6), 665-683.
29. Axelrod D. I., 1975. Evolution and biography of Madrean-Tethyan sclerophyll vegetation. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 62: 280-334.
30. B.N.E.D.E.R., 2007. (Bureau National d'Etude & Développement & Economique & Rural). Identification et cartographie des zones potentielles à l'agriculture en steppe, étude diachronique du climat et du bioclimat de la steppe algérienne, BNDER, Alger, 47p + annexe.
31. Badano EI, Samour-Nieva OR, Flores J, Flores-Flores JL, Flores-Cano JA, Rodas-Ortíz JP, 2016. Facilitation by nurse plants contributes to vegetation recovery in human-disturbed desert ecosystems. *J Plant Ecol* 9(5): 485-497.
32. Badri W., 2003. *Structure, Dynamique et Fonctionnement des peuplements à Genévrier thurifère (Juniperus thurifera L.) dans les Atlas marocains*. Thèse Doctorat, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 274 p.
33. Badri, W., Gauquelin, T., Bertaudiere, V. et Montès N., 2003. Structure et dégradation des peuplements à Genévrier thurifère dans les différents massifs atlasiques. *Naturalia Maroccana*, 1(2), 33-40.
34. Bagnouls F. et Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 88 : 193-239.
35. Barbour M.G., Burk J.H et Pitts W.D., 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. California: Benjamin – Cummings.
36. Barnea A., Yom-Tov Y. et Friedman J., 1990. Differential germination of two closely related species of Solanum in response to bird ingestion. *Oikos*, 57: 222-228.
37. Barnea A., Yom-Tov Y. et Friedman J. 1991. Does ingestion by birds affect seed germination?. *Functional Ecology*, 5: 394-402.
38. Barry J. P., Faurel L. et Celles J. C., 1974. *Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques, feuille d'Alger*. Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres
39. Bashan Y., Salazar B., PuenteMa E., Bacilio M. et Linderman R., 2009. Enhanced establishment and growth of giant cardon cactus in an eroded field in the Sonoran Desert using native legume trees as nurse plants aided by plant growth-promoting microorganisms and compost. *Biol. Fert. Soils* 45:585-594.
40. Bekhechi C., Atik Bekkara F., Consiglio D., Bighelli A. et Tomi, F., 2012. Chemical Variability of the Essential Oil of *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* from Algeria. *Chemistry & biodiversity*, 9(12), 2742-2753.
41. Belhadj S., 1995. *Propagation of Vitexagnuscastus L. by seeds and cuttings. A thesis of MSc degree*. International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies. Mediterranean Agronomic Institute of Chania, Crete, Greece. P. 80.
42. Bellakhder J., 1997. La Pharmacopée Marocaine traditionnelle. Paris: Ibis Press p. 272.

43. Belsky A. J., 1994. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology*, 75(4), 922-932.
44. Benabdeli K., 1996. Mise en évidence de l'importance des formations basses dans la sauvegarde des écosystèmes forestiers: cas des monts de Dhaya (Algérie occidentale). *Ecologiamediterranea*, 22(3), 101-112.
45. Benabid A., 1985. Les écosystèmes forestiers, préforestiers et presteppiques du Maroc: diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt méditerranéenne*, 7(1) : 53-64.
46. Benabid, A., 2002 : Le Rif et le Moyen Atlas (Maroc) : Biodiversité, menaces, préservation. African mountains high summit conference, Nairobi, Kenya, 6-10 mai 2002, 16p.
47. Bentouati A., 2006. *Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela – Aurès)*. Thèse de doctorat. Inst. d'Agronomie. Univ. Batna .107 p.
48. Bertrand G., 1966. Pour une étude géographique de la végétation. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 37(2), 129-144.
49. Bétier G. et Cornet A., 1951. *Carte géologique de l'Algérie*. Service de la carte géologique de l'Algérie,. Algeria. Service de la carte géologique de l'Algérie.
50. Bézanger-Beauquesne L., 1990. New results in phytotherapy. Seventh review.
51. Blanco Castro E., Casado M., Costa M., Escribano R., García-Antón M., Génova M., ... et Sainz Ollero, H., 1997. Los bosques ibéricos. *Una interpretación geobotánica*. Planeta, Barcelona, 572.
52. Blanquet J. et Pavillard J., 1922. *Vocabulaire de sociologie végétale*. Montpellier, 1re édit. 1922 ; 2e édit. 1925 ; 3e édit. 1928. Crawley, M. J., 1986: Plant Ecology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 496 pp.
53. B.N.E.F., 1983. Étude d'aménagement forestier du massif de Senalba Gharbi (wilaya de Djelfa) sur 32000 ha (étude du milieu). Bureau National des Études Forestiers. Blida. 71p.
54. Bonnier G., 1934. *Flore complète illustrée en couleur de France, Suisse et Belgique*. Ed°. Maloine, Paris, 1990, 23.
55. Boratyński A., Lewandowski A., Boratyńska K., Montserrat J. M. et Romo, A., 2009. High level of genetic differentiation of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in the Mediterranean region: geographic implications. *Plant Systematics and Evolution*, 277, 163-172.
56. Boudy P., 1950. *Économie forestière nord-africaine : II. Monographie et traitement des essences forestières*. Larousse, Paris.
57. Boudy P., 1955. *Économie Nord-Africaine. T. IV, Description forestière de l'Algérie et la Tunisie*. Ed, Larousse, Paris, 481p.

58. Bourouba M., 1997. Erosion en montagnes semi-arides et méditerranéennes: Les variations de la turbidité et leurs relations avec les précipitations et les débits des oueds semi-arides de l'Algérie orientale. *Bull. ORSTOM*, 17, 345-360.
59. Boussaidi N., Ncibi R., Hasnaoui I. et Gammar Z. G., 2010. Impacts des facteurs orographiques et anthropiques sur la régénération naturelle du chêne-liège (*Quercus suber*) dans la région de Kroumirie, Tunisie. *Revue d'écologie*, 65(3), 235-242.
60. Bouyahyaoui A., Bahri F., Romane A., Höferl M., Wanner J., Schmidt E. et Jirovetz L., 2016. Antimicrobial activity and chemical analysis of the essential oil of Algerian *Juniperus phoenicea*. *Natural Product Communications*, 11(4), 519-522.
61. Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology (Transl. GD Fuller and HS Conrad). *New York*, xviii, 439.
62. Breytenbach CJ et Skinner J., 1982. Diet, feeding and habitat utilization by bush pigs *Potamochoerus porctus* Linnaeus. *South African Journal of Wildlife Research-24-month delayed open access*, 12(1), 1-7.
63. Bridie C. et Fortin HMJ., 1995. Development of a *Populus Balsamifera* Clone in subarctic Quebec reconstructed from spatial analyses. *J. Ecol.* 83, 309–320.
64. Browicz K. et Zielinski J., 1982. *Chorology of Trees and Shrubs in South-West Asia and Adjacent Regions 1, 2*. Polish Scientific Publ.
65. Bustamante R.O., Simonetti J.A. et Mella J.E., 1992. Are foxes legitimate and efficient seed dispersers? A field tests. *Acta Oecologica*, 13(2): 203-208.
66. Busti D. et Mandin JP. 2010. Le Génévrier de Phénicie parmi les genévriers de France. mars 2010. MANDIN (J.-P.), BUSTI (D.), THOMAS (R.). — Des genévriers de Phénicie millénaires dans les gorges de l'Ardèche. — <http://biologie.ens-lyon.fr/ressources/biodiversite-vegetale/la-plante-du-mois/des-genevriersde-phenicie-millennaires-dans-les-gorges-de-l2019ardeche>, consulté le 16/04/2011.
67. Cabezudo B., 2011. *Juniperus L. in: Blanca et al. (eds.), Flora Vasculare de Andalucía Oriental. 2a edición corregida y aumentada*, Universidades de Almeria, Granada, Jaen y Malaga, Granada, pp. 87-90.
68. Calaciura B. et Spinelli O., 2008. Management of Natura 2000 habitats. 6210 Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (*Festuco-Brometalia*)(* important orchid sites). *European Commission*, 1-38.
69. Callaway R. M., 1992. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology*, 73(6), 2118-2128.
70. Callaway R. M., Nadkarni N. M. et Mahall B. E., 1991. Facilitation and interference of *Quercus douglasii* on understory productivity in central California. *Ecology*, 72(4), 1484-1499.
71. Canals M., Urgeles R. et Calafat A. M., 2000. Deep sea-floor evidence of past ice streams off the Antarctic Peninsula. *Geology*, 28(1), 31-34.
72. Carminati E., Cuffaro M. et Doglioni C., 2009. Cenozoic uplift of Europe. *Tectonics*, 28, TC4016.

73. Carracedo J. C., Day S. J., Guillou H. et Torrado F. J. P., 1999. Giant quaternary landslides in the evolution of La Palma and El Hierro, Canary Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 94(1-4), 169-190.
74. Carrión J. S., 2002. Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews*, 21(18-19), 2047-2066.
75. Carrion J. S., Yll E. I., Willis K. J. et Sanchez P., 2004. Holocene forest history of the eastern plateaux in the Segura Mountains (Murcia, southeastern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 132, 219–236.
76. Castro A. J., Martín-López B., García-Llorente M., Aguilera P. A., López E. et Cabello J., 2011. Social preferences regarding the delivery of ecosystem services in a semiarid Mediterranean region. *Journal of Arid Environments*, 75(11), 1201-1208.
77. Charco J., 2001. *Guia de los arboles y arbustos del Norte de Africa: claves de determinacion, descripciones, ilustraciones y mapas de distribucion.* – Madrid.
78. Charles-Dominique P., 1995. Interactions plantes-animaux frugivores, conséquences sur la dissémination des graines et la régénération forestière. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 50(3): 223-235.
79. Chavez-Ramirez F. et Slack R.D., 1994. Effects of avian foraging and post-foraging behavior on seed dispersal patterns of Ashe juniper. *Oikos*, 71:40–46.
80. Chavez-Ramirez F. et Slack R.D., 1993. Carnivore fruit-use and seed dispersal of two selected plant species of the Edwards Plateau, Texas. *The Southwestern Naturalist*, 38: 141-145.
81. Choisnel E., 1989. Variabilité du climat: sa prise en compte pour l'aménagement de l'espace rural. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France*, 75(9), 47-57.
82. Christensen K. I., 1997. Juniperus L. In A. Strid et K. Tan (Eds.), *Flora Hellenica*, 1, 10–14. Kœnigstein: Koeltz Scientific Books.
83. Clevenger A.P., 1996. Frugivory of Martes martes and Genettagenetta in an insular Mediterranean habitat. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 51(1): 19-28.
84. Clifton S.J., Ward L.K. et Ranner D.S., 1997. The status of juniper Juniperus communis L. in north-east England. *Biological Conservation*, 79, 67-77.
85. Collins CG., Bohner TF. et Diez JM., 2019. Plant-soil feedbacks and facilitation influence the demography of herbaceous Alpine species in response to Woody plant range expansion. *Frontiers Ecol Evol* 7: 417.
86. Côme D., 1970. *Les obstacles à la germination.* Masson Editeur. Paris. 162 p.
87. Come D. et Thevenot C., 1982. Environmental control of embryo dormancy and germination .pp271-297. In Khan A.A. (1982). The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Chapter 11. Elsevier Biomedical Press.
88. Comes H. P., 2004. The Mediterranean region: A hotspot for plant biogeographic research. *New Phytologist*, 11-14.

89. Corbineau F., Neveur N. et Come D., 1987. Seed germination and seedlings development i *Cyclamen persicum*. *Ann. Bot.* 63 : 87-96.
90. Coussy B., Garraud L. et Godron M., 2013. Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans les Préalpes françaises: étude de l'écologie et de la structure des peuplements. *Ecologia Mediterranea*, 39(1), 31-39.
91. Cramer W., Guiot J., Fader M., Garrabou J., Gattuso J. P., Iglesias A., ... & Xoplaki, E., 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change*, 8(11), 972-980.
92. Daget Ph., 1977. Le bioclimat méditerranéen, caractères généraux, méthodes de classification. *Vegetatio*, 34, 1 : 20.
93. Daget Ph., Ahdali L. et David P., 1988. Le bioclimat méditerranéen et ses modalités dans les pays arabes. *Biocénose*. 3 : 73-93.
94. Dakhil M. A., El-Barougy R. F., El-Keblawy A. et Farahat E. A., 2022. Clay and climatic variability explain the global potential distribution of *Juniperus phoenicea* toward restoration planning. *Scientific Reports*, 12(1), 13199.
95. Danin A. et Plitmann U., 1987. Revision of the plant geographical territories of Palestine and Sinai. *Plant Systematics and Evolution*, 156, 43-53.
96. Daoudi B., 2024. *Etude de l'impact des facteurs intrinsèques et extrinsèques sur la régénération du pin d'Alep en semi-aride Djelfa, Algérie*. Thèse Doctorat, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes. Algérie, 122 p.
97. De Martonne E., 1927. *Traité de géographie physique: Tome III. Biogéographie*. Librairie Armand Colin. 477 p.
98. Debazac E., 1991. *Manuel des conifères*. 2^e édition. Nancy, ENGREF, 172 p.
99. Deevey Jr E. S., 1947. Life tables for natural populations of animals. *The Quarterly Review of Biology*, 22(4), 283-314.
100. DGF., 2014. *Etude sur la santé de la forêt du site pilote de Senalba (Algérie) dans le cadre du projet GCP/GLO/458/FRA et sa capacité de s'adapter aux changements climatiques*. Rapport Technique. 14p.
101. DGF., 2022. *Rapport Technique Conservation des forêts de la wilaya de Djelfa*. 22p.
102. Dimitri L. A., 2015. *Seed dispersal of western and Utah junipers: the role of scatter-hoarding rodents* (these Doctorat).
103. Dimitri L.A., Longland W.S. et Vander-Wall S.B., 2017. Cone and seed traits of two *Juniperus* species influence roles of frugivores and scatter-hoarding rodents as seed dispersal agents. *Acta Oecologica*, 85: 93-103.
104. Djebaili S., 1984. *Steppe algérienne phytosociologie et écologie*. Office des publications universitaires.
105. Djerrad Z., 2016. *Etude phytoécologique des provenances de pin d'Alep (pinus halepensis mill.) de la partie centrale de l'atlas Saharien, comparaison de la variabilité morphologique et chimique avec les pinèdes du semi-arides est*

- algérien*. Thèse Doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 154 p.
106. Dobignard A. et Chatelain C., (2010-2013). Index Synonymique Flore d'Afrique du Nord. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Switzerland pp. 1-5.
107. DORVAULT F., 1982. *L'officine*, 21^eéd., Vigot, Paris, 1958 p.
108. Douaihy C. B., Restoux G., Machon N. et Dagher-Kharrat M. B., 2013. Ecological characterization of the *Juniperus excelsa* stands in Lebanon. *Ecologia mediterranea*, 39(1), 169-180.
109. Duarte M, Verdú M, Cavieres LA, Bustamante RO., 2021. Plant–plant facilitation increases with reduced phylogenetic relatedness along an elevation gradient. *Oikos* 130(2): 248–259.
110. Dubief J., 1959-1963. Le climat du Sahara. *Inst. Rech. Sahara, mém. Inst. Rech. Sahar. Alger*, 2 tomes, 314 p + 275 p.
111. Duchaufour P. et Souchier B., 1977. *Constituants et propriétés du sol*. Masson.
112. Durand J., 1954. *Les sols d'Algérie*. Gouvernement général de l'Algérie. Service pédologie et hydraulique. Alger, 224 p.
113. Dzialuk A., Mazur M., Boratyńska K., Montserrat J. M., Romo A. et Boratyński, A., 2011. Population genetic structure of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in the western Mediterranean Basin: gradient of diversity on a broad geographical scale. *Annals of Forest Science*, 68, 1341-1350.
114. El Alaoui El Fels M., Roques A. et Boumezzough A., 1999. Les arthropodes liés aux galbules et aux graines du genévrier thurifère, *Juniperus thurifera* L., dans les Atlas marocains. *Ecologia mediterranea*, 25(1), 95-110.
115. El Fels M. A. E. A., El Mercht S., Abou Sy A., El Wahidi F., Romane A. et Roques, A. 2013. Contribution à l'amélioration de la germination chez une endémique forestière du Maroc, le cyprès de l'Atlas. *Ecologia mediterranea*, 39 (1), 201-208.
116. El-Bana M., Shaltout K., Khalafallah A. et Mosallam H., 2010. Ecological status of the Mediterranean *Juniperus phoenicea* L. relicts in the desert mountains of North Sinai, Egypt. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(3), 171-178.
117. El-Barougy, R. F., Dakhil, M. A., Halmy, M. W. A., Cadotte, M., Dias, S., Farahat, E. A., ... & Bersier, L. F., 2023. Potential extinction risk of *Juniperus phoenicea* under global climate change: Towards conservation planning. *Global Ecology and Conservation*, 46, e02541.
118. El-Wahab A., 2008. Condition assessment of plant diversity of Gebel Maghara, north Sinai, Egypt. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 3(2), 21-40.
119. Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot.*, Montpellier, 7, 3-43.

120. Emberger L., 1960. Regards sur la phylogenèse des végétaux. *Archives de Philosophie*, 23(1), 79-98.
121. Emberger L., 1971. *Travaux de botanique et d'écologie*. Éd, Masson et Cies, France.
122. Ezzahiri M., Belghazi B. et Bahmad M., 1994. Bilan de la régénération naturelle de la cédraie dans les parcelles clôturées du Moyen Atlas, Maroc. *Ann. Rech. For. Maroc*, 27 (36): 259-268.
123. Facelli JM. et Pickett S.T.A., 1991. Plant litter : its dynamics and effects on plant community structure. *Bot. Rev.*, 57: 1-32.
124. Fady B. et Conord C., 2010. Macroecological patterns of species and genetic diversity in vascular plants of the Mediterranean basin. *Diversity and distributions*, 16(1), 53-64.
125. Faliński J. B., 1980. Vegetation dynamics and sex structure of the populations of pioneer dioecious woody plants. *Vegetatio*, 43, 23-38.
126. Farahat E. A., 2020. Age structure and static life tables of the endangered *Juniperus phoenicea* L. in North Sinai Mountains, Egypt: implication for conservation. *Journal of Mountain Science*, 17(9), 2170-2178.
127. Farhat P., 2019. *Exploration génétique de la polyploïdie du genre Juniperus (Cupressaceae)* (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE); Université Saint-Joseph (Beyrouth)), 126 p.
128. Farjon A. et Filer D., 2013. *An atlas of the world's conifers: an analysis of their distribution*, biogeography, diversity and conservation status. Brill.
129. Farjon, A., 2005. *A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys Kew*: Royal Botanic Gardens.
130. Farjon, A., 2010. *A handbook of the world's conifers* (Vol. 2). Leiden, the Netherlands: Brill.
131. Faurie C., Ferra C. et Medori P., 1980. *Ecologie*. Ed. J.B. Baillière, Paris : 168p.
132. Fernández-Palacios J. M., De Nascimento L., Otto R., Delgado J. D., García-del-Rey E., Arévalo J. R. et Whittaker R. J., 2011. A reconstruction of Palaeo-Macaronesia, with particular reference to the long-term biogeography of the Atlantic island laurel forests. *Journal of Biogeography*, 38(2), 226-246.
133. Fernandez-Palacios J. M., Otto R., Delgado J. D., Arévalo J. R., Naranjo A., González Artilles F., ... Barone, R., 2008. *Los bosques termofilos de Canarias*. Proyecto IFE04/NAT/ES/000064. Excmo. Santa Cruz de Tenerife: Cabildo Insular de Tenerife.
134. Ferrer-Gallego P. P., Nazzaro R., Ferrando I. et Laguna, E., 2017. Typification of the Mediterranean endemic conifer *Juniperus turbinata* (Cupressaceae). *Phytotaxa*, Vol. 302(2): 165-173.
135. Fisher M. et Gardner A. S., 1995. The status and ecology of a *Juniperus excelsa* subsp. *polycarpus* woodland in the northern mountains of Oman. *Vegetatio*, 119, 33-51.

136. Fisher M., 1997. Decline in the juniper woodlands of Raydah Reserve in southwestern Saudi Arabia: A response to climate changes?. *Glob. Ecol. Biogeogr. Lett.* 6, 379–386.
137. Fisher M., 2000. Dead or alive? The uncertain future of the Arabian juniper woodlands. *European Tropical Forest Research Network* 31: 5–7.
138. Franco A. C. et Nobel P. S., 1988. Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology*, 69(6), 1731-1740.
139. Frost I. et Rydin H. 2000. Spatial pattern and size distribution of the animal-dispersed tree *Quercus robur* in two spruce-dominated forests. *Ecoscience*, 7(1), 38-44.
140. Gamisans J. et Muracciole M., 1984. La végétation de la Réserve Naturelle de la presqu'île de Scandola (Corse). Etude phytosociologique et cartographie au 1/10000e. *Ecologia mediterranea*, 10(3), 159-205.
141. Gamisans J., 1999. *La végétation de la Corse*. Edisud, Aix-en-Provence, 391 p.
142. García D. et Ramón Obeso J. 2003. Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography*, 26(6), 739-750.
143. García D., 2001. Effects of seed dispersal on *Juniperus communis* recruitment on a Mediterranean mountain. *Journal of Vegetation Science*, 12(6): 839-848.
144. García D., Zamora R., Gómez J. M. et Hódar J. A., 2001. Frugivory at *Juniperus communis* depends more on population characteristics than on individual attributes. *Journal of Ecology*, 89(4), 639-647.
145. García D., Zamora R., Hódar J. et Gómez J., 1999. Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian peninsula: conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biol. Conserv.* 87, 215-220.
146. García-Cervigón A. I., Velázquez E., Wiegand T., Escudero A. et Olano, J. M., 2017. Colonization in Mediterranean old-fields: the role of dispersal and plant–plant interactions. *Journal of Vegetation Science*, 28(3), 627-638.
147. Gardner A. S. et Fisher M., 1996. The distribution and status of the montane juniper woodlands of Oman. *Journal of biogeography*, 23(6), 791-803.
148. Garner W. et Steinberger Y., 1989. A proposed mechanism for the formation of 'fertile islands' in the desert ecosystem. *Journal of arid Environments*, 16(3), 257-262.
149. Garnier G., Bezanger-Beauquesne L. et Debraux G., 1961. *Ressources médicinales de la flore française*. Ed°. Vigot Frères, Paris, 134-139.
150. Gatsuk, E., Smirnova, O.V., Vorontzova, L.I., Zaugolnova, L.B., Zhukova, L.A., 1980. Age-stages of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology* 68, 675-696.
151. Gauquelin T., 2006. *Les Genévriers du monde et du bassin occidental de la Méditerranée : diversité, stabilité, expansion, régression*. In : Garcia Gonzalez D. (coord.), Actas des III Coloquio Internacional sobre los sabinares y enebrales

- (Género *Juniperus*) : *écologia y gestion Forestal sostenible*. Soria 24 a 26 de Mayo de 2006. Madrid, Junta de Castilla y León Comunidad de Madrid, Tomo I: 25-32.
152. Gaussen H., Leroy J.F. et Ozenda, P., 1982. *Précis de botanique. Vol 2. Végétaux supérieures*. 2^{ème} édition Masson, Paris.
 153. Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Granda, E., & Camarero, J. J. (2017). Tracking the impact of drought on functionally different woody plants in a Mediterranean scrubland ecosystem. *Plant Ecology*, 218, 1009-1020.
 154. Genard M., Lescourret F., 1985. Le sanglier (*Sus scrofa scrofa* L.) et les diaspores dans le sud de la France. *Revue d'écologie, Terre et Vie*, 40(3), 343-353.
 155. Ghouti D., Rached W., Moussaoui A., Pires T., Calhella R, Alves MJ., Lazzouni H A., Barros L. et Ferreira I., 2018. Phenolic profile and in vitro bioactive potential of Saharan *Juniperus phoenicea* L. and *Cotula cinerea* (Del) growing in Algeria. *Food Funct*, 9: 4664–4672.
 156. Gianguzzi L., Cusimano D., Ilardi V. et Romano S., 2015. Phytosociological analysis of the *Genista* sp. pl. garrigues of the Cisto-Lavanduletea and Rosmarinetea officinalis classes in the South-Tyrrhenian area (Mediterranean Region). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 149(3), 574-588.
 157. Gianguzzi L., Ilardi V., Caldarella O., Cusimano D., Cuttonaro P. et Romano S., 2012. Phytosociological characterization of the *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman formations in the Italo-Tyrrhenian Province (Mediterranean Region). *Plant Sociology*, 49 (2), 3-28.
 158. Giannakos P., 1997. Frugivory and seed dispersal by carnivores in the Rhodopimountains of northern Greece, Durham University.
 159. Gilles C., 2018. Les mammifères de Rhône-Alpes .Traces et indices de présence , Les fèces / FRAPNA
<https://atlasmam.fauneauvergnerhonealpes.org/wpcontent/uploads/2018/03/Mammif%C3%A8res-de-Rh%C3%B4ne-Alpes-les-f%C3%A8ces-C.Gilles-2018.pdf> [Date accessed: 10 September 2022].
 160. Gillet F., 2000. La phytosociologie synusiale intégrée: Guide méthodologique. *Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie de l'Université de Neuchâtel, Inst. Bot.* 68p.
 161. Gómez-Aparicio L, García-Valdés R, Ruiz-Benito P, Zavala MA., 2011. Disentangling the 499 relative importances of climate, size and competition on tree growth in Iberian forests: 500 implications for forest management under global change. *Glob Chang Biol* 17:2400– 501 2414.
 162. Grant V., 1980. Gene flow and the homogeneity of species populations. *Biol.Zbl.*, 99: 157-169.
 163. Greuter W., Matthäs U. et Risse H., 1984. Additions to the Flora of Crete, 1973-1983: I. *Willdenowia*, 27-36.
 164. Grubb P. J., 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological reviews*, 52(1), 107-145.

165. Guillermin J. L. 1969. Une méthode de mise en évidence des groupes écologiques, appliquée aux terres cultivées du Bas-Languedoc. *CR 3è Coll. Biol. Mauvaises Herbes. ENSA-Grignon*, 3, 86-108.
166. Guinochet M., 1973. *Phytosociologie*. Masson Edit., Paris, 227 p. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du nord*, 42, pp : 131-153.
167. Guisan A. et Zimmermann N. E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135(2-3), 147-186.
168. Guyot G., 1999. Climatologie de l'environnement : cours et exercices corrigés. Ed. Dunod, Paris, 525 p.
169. Habel A. et Pennemann K. H., 2009. Correctness of high-level transformation systems relative to nested conditions. *Mathematical Structures in Computer Science*, 19(2), 245-296.
170. Hafsi Z., Belhadj S., Derridj A., Mevy J.P., Notonnier R., Tonetto A. et Gauquelin T. 2017. Étude de la variabilité morphologique (aiguilles, galbules) du complexe spécifique *Juniperus oxycedrus* L., le Genévrier Oxycèdre, au sein de sept populations d'Algérie. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 72 (4) : 353-373.
171. Hafsi Z. 2018. Etude de la variabilité morphologique (feuilles et galbules) des espèces du genre *Juniperus* L. en Algérie. Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Université de Djelfa.
172. Halluk J.P. et Roussel C., 2000. Caractérisation et origine des tropolones responsables de la durabilité naturelle des Cupressacées. Application potentielle en préservation du bois. *Ann. For. Sci.*, 57: 819-829.
173. Hanens d' G., 1998. Les peuplements mixtes de pin d'Alep et chênes en Provence. Comment pérenniser le mélange d'essences ?. *Forêt Méditerranéenne*, XIX (3), 261-266.
174. Harper, J.L., 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
175. Hegazy AK., 1992. Age-Specific Survival, Mortality and Reproduction, and Prospects for Conservation of *Limonium delicatulum*. *Journal of Applied Ecology* 29(3): 549-557.
176. Hegazy AK, Hammouda O, Lovett-Doust J. and Gomaa NH., 2008. Population dynamics of *Moringa peregrina* along altitudinal gradient in the northwestern sector of the Red Sea. *Journal of Arid Environment* 72: 1537-1551.
177. Heinrich I., Gärtner H., Monbaron M. et Schleser G., Vol. 61, 92–98. Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt.
178. Helluy M., 2020. *Adapter la gestion des forêts méditerranéennes au changement climatique: rôle des strates de végétation et modélisation fonctionnelle de la dynamique forestière*. Thèse Doctorat, Université Aix-Marseille, France. 196p.
179. Herrera C. M., 1982. Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers. *Ecology*, 63(3), 773-785.

180. Herrera C.M., 1989. Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals, and associated fruit characteristics, in undisturbed Mediterranean habitats. *Oikos*, 55: 250-262.
181. Hoff C. et Rambal S., 1999. Les écosystèmes forestiers méditerranéens face aux changements climatiques. *CR Acad Agric Fr*, 85, 53-7.
182. Holmgren M., Scheffer M. et Huston M. A., 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology*, 78(7), 1966-1975.
183. Horncastle V. J., Hellgren E. C., Mayer P. M., Engle D. M. et Leslie, D. M., 2004. Differential consumption of eastern red cedar (*Juniperus virginiana*) by avian and mammalian guilds: implications for tree invasion. *The American Midland Naturalist*, 152(2): 255-267.
184. Howe H.F. et Miriti M.N. 2000., No question: seed dispersal matters. *Trends in ecology & evolution*, 15(11): 434-436.
185. Ivanov D., Utescher T., Mosbrugger V., Syabryaj S., Djordjević-Milutinović D. et Molchanoff S., 2011. Miocene vegetation and climate dynamics in Eastern and Central Paratethys (Southeastern Europe). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 304, 262–275.
186. Izhaki I. et Safrie U.N. 1990. The effect of some Mediterranean scrubland frugivores upon germination patterns. *The Journal of Ecology*, 78(1): 56-65.
187. Izhaki I., Korine C. et Arad Z. 1995. The effect of bat (*Rousettus aegyptiacus*) dispersal on seed germination in eastern Mediterranean habitats. *Oecologia*, 101(3): 335-342.
188. Jackson P.S.W., Cronk Q.C. et Parnell J.A., 1988. Notes on the regeneration of two rare Mauritian endemic trees. *Tropical ecology*, 78 : 56-65.
189. Jaksic FM. et Fuentes ER., 1980. Why are native herbs in the Chilean matorral more abundant beneath shrubs: microclimate or grazing? *J Ecol* 68:665–669.
190. Jalas J. et Suominen J., 1973. Atlas Florae Europaeae (Vol. 2). Helsinki: The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo.
191. Janzen D. H., 1983. Dispersal of seeds by vertebrate guts. In *Coevolution*. Edited by D. J. Futuyama and M. Slatkin. Sinauer Assoc., Sunderland, MA. pp. 232-262.
192. Jaromilo-Correa JP., Grivet D., Terrab A., Kurt Y., de-Lucas AI., Wahid N., Vendramin GG. et González-Martínez SC., 2010. The Strait of Gibraltar as a major biogeographic barrier in Mediterranean conifers: a comparative phylogeographic survey. *Mol Ecol* 19:5452–5468.
193. Jarry C. (1993). Deux genévriers toxiques : *Juniperus sabina* L. et *Juniperus phoenicea* L. Thèse de Doctorat. Université de Limoges, France.
194. Johansson T., Gibb H., Hilszczański J., Pettersson R. B., Hjältén J., Atlegrim O., ... et Danell, K. (2006). Conservation-oriented manipulations of coarse woody debris affect its value as habitat for spruce-infesting bark and ambrosia beetles (Coleoptera:

- Scolytinae) in northern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(1), 174-185.
195. Jordano P. et Herrera C. M., 1981. The frugivorous diet of Blackcap populations *Sylvia atricapilla* wintering in southern Spain. *The British Ornithologists' Union, IBIS* 123.
196. Jordano P., 1982. Migrant birds are the main seed dispersers of blackberries in southern Spain. *Oikos*, 183-193.
197. Kabi H. F., Hegazy A. K., Lovett-Doust L., Al-Rowaily S. L. et Al Borki A. E. N. S., 2016. Ecological assessment of populations of *Juniperus phoenicea* L. in the Al-Akhdar mountainous landscape of Libya. *Arid Land Research and Management*, 30(3), 269-289.
198. Kadik B., 1987. *Contribution à l'étude du Pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) en Algérie: écologie, dendrométrie, morphologie*. Office des Publications Universitaires.
199. Kadik L. et al, 2002. *Carte d'occupation des terres des zones forestières et préforestières de l'étage bioclimatique semi-aride algérien, 8 feuilles (Oran, Saida, Tiaret, Frenda, Batna, Khenchela, Tébessa, Djelfa) & Notice* ; Réd & Impr. INCT ; Edition CRSTRA.
200. Kadik L. et Godron M., 2004. Contribution à l'étude de la "dégradation" de la végétation dans les pineraies de *Pinushalepensis* Mill. d'Algérie et dans les formations dérivées. *Le Journal de Botanique*, 27(1), 9-19.
201. Kadik L., (1990). Intérêt des variables physiologiques dans la recherche des espèces indicatrices. Cas du Senalba. *Biocénoses. Bull d'écologie terrestre*, 5(12), 7-36.
202. Kadik L., 1984. *Phyto-écologie des formations à pin d'Alep Pinus halepensis Mill du Sénalba Chergui et Gharbi*. Thèse Doct.3Pème P cycle. Univ. H. Boumediene Sciences Bab Ezzouar. 281p + annexes.
203. Kadik L., 2005. *Etude phytosociologique et phytoécologique des formations à Pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien*. Thèse Doct. EsSciences, USTHB. Alger, 301p+annexes.
204. Kadik, B., 1987. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinushalepensis* Mill.) en Algérie : écologie, dendrométrie et morphologie .Ed. OPU, Alger.
205. Kerfoot O. et Lavranos J. J., 1984. Studies in the flora of Arabia. X. *Juniprus phoenicea* L. and *Juniperus excelsa* M. Bieb. *Notes-Royal Botanic Garden Edinburgh*.
206. Krefting L.W. et Roe, E.I., 1949. The role of some birds and mammals in seed germination. *Ecological Monographs*, 19(3): 269-286.
207. Krijgsman W., Hilgen F. J., Raffi I., Sierro F. J. et Wilson D. S., 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature*, 400(6745), 652-655.
208. Larson D.W., Matthes U., Gerrath J.A., Gerrath J.M., Nekola J.C., Walker G.L., Porembski S., Charlton A. et Larson N.W.K., 1999. Ancient stunted trees on cliffs. *Nature* 398: 382-383.

209. Lathuillière L., 1994. Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.). Monographie, étude de la thuriféraire de Saint-Crépin. *Le Genévrier thurifère dans le sud-est de la France*. Mémoire de fin d'études, ENGREF, 80 p.
210. Le Berre M. et LeGuelte L., 1990. Les mammifères actuels dans l'espace saharien. *Vie et Milieu/Life & Environment*, 40(2): 223-228.
211. Le Houérou H. N., 2004. An agro bioclimatic classification of arid and semi-arid lands in the isoclimatic Mediterranean zones. *Arid land research and management*, 18, 301-346.
212. Lebreton P. et Rivera D., 1988. Analyse du taxon *Juniperus phoenicea* L. sur des bases biochimiques et biométriques [protoanthocyanes foliaires, galbules]. *Naturalia Monspeliensia*.
213. Lebreton P. et Rivera D., 1989. Analyse du taxon *Juniperus phoenicea* L. sur des bases biochimiques et biométriques. *Naturalia Monspeliensia, Serie Botanique*, 53, 17-41.
214. Lebreton P. H., 1983. Nouvelles données sur la distribution au Portugal et en Espagne des sous-espèces du Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.). *Agron. lusit*, vol 42 (1-2) 55-62.
215. Lebreton P., et Pérez de Paz P. L., 2001. Définition du Genévrier de Phénicie (*Juniperus aggr. phoenicea*), reconsidéré à ses limites biogéographiques: Méditerranée orientale (Crète et Chypre) et Atlantique (Iles Canaries). *Publications de la Société Linnéenne de Lyon*, 70(4), 73-92.
216. Lebreton, P. et Thivend S., 1981. Sur une sus-espèce du Genévrier de Phénicie *Juniperus phoenicea* L., définie à partir de critères biochimiques. *Naturalia Monspeliensia*, Série botanique, 47, 1-12.
217. Leroy S. A. et Arpe, K., 2007. Glacial refugia for summer-green trees in Europe and south-west Asia as proposed by ECHAM3 time-slice atmospheric model simulations. *Journal of Biogeography*, 34(12), 2115-2128.
218. Little D. P., 2006. Evolution and circumscription of the true cypresses (Cupressaceae: Cupressus). *Systematic Botany*, 31(3), 461-480.
219. Liu D.; Guo Z.; Cui X et Fan C., 2023. Estimation of the Population Dynamics of *Taxus cuspidata* by Using a Static Life Table for Its Conservation. *Forests*, 14, 2194.
220. Louni D., 1994. Les forêts algériennes. *Forêt méditerranéenne*, 15(1), 59-63.
221. Lucero JE, Noble T, Haas S, Westphal M, Butterfield HS, Lortie CJ, 2019. The dark side of facilitation: native shrubs facilitate exotic annuals more strongly than native annuals. *NeoBiota* 44: 75-93.
222. MacLaren C. A. 2016. Climate change drives decline of *Juniperus seravschanica* in Oman. *Journal of Arid Environments*, 128, 91-100.
223. Madsen P. et Larsen J. B., 1997. Natural regeneration of beech (*Fagus sylvatica* L.) with respect to canopy density, soil moisture and soil carbon content. *Forest Ecology and Management*, 97(2), 95-105.

224. Maire R., 1952 - 1967. *Flore de l'Afrique du Nord, 16 Vol.* oeuvre posthume publiée par Guinochet M. et Faurel (vol. 1 à 3) ; Guinochet M. (vol.4) ; Guinochet M. et Quezel P. (vol.5) ; Quezel P. (vol.6 à 16) ; préface de Emberger L., Lechevalier. Paris : 306p. 209 fig.
225. Mallil K., 2012. Comparaison des caractéristiques du régime alimentaire et l'occupation de l'espace de la genette (*Genettagenetta L.178*) dans deux milieux du nord Algériens : parcs nationaux du Djurdjura et d'El-Kala. Mémoire de Magister en Biologie, université de Mouloud Mammeri de TIZI-OUZOU.
226. Mandin J. P., 2010. Régénération des populations de genévriers de Phénicie. <https://biologie.ens-lyon.fr/biologie/ressources/Biodiversite/Documents/la-plante-du-mois/regeneration-des-populations-de-genevrier-de-phenicie/> [Date accessed: 10 September 2022].
227. Mandin JP., 2005. Découverte de très vieux genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea L.*) dans les gorges de l'Ardèche (France). *J.Bot.* 29, 53–62.
228. Mansouri N., Satrani B., Ghanmi M., El Ghadraoui L., Boukir A. et Aafi A., 2011. Effet de la provenance sur le rendement, la composition chimique et l'activité antimicrobienne des huiles essentielles des rameaux de *Juniperus phoenicea L.* du Maroc. *Acta Bot. Gallica*, 158 (2) : 215-224.
229. Mao K., Hao G., Liu J., Adams R. P. et Milne, R. I., 2010. Diversification and biogeography of *Juniperus* (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytologist*, 188(1), 254-272.
230. Marion C. et Houle G., 1996. No differential consequences of reproduction according to sex in *Juniperus communis* var. *depressa* (Cupressaceae). *American Journal of Botany*, 83(4), 480-488.
231. Martínez S. R., de la Torre W. W. et de Paz P. L. P., 1993. Datos sobre *Juniperus phoenicea* aggr.(Cupressaceae). *Itinera geobotanica*, 7, 509-512.
232. Mathaux C., Mandin J. P. Edouard J. L., Gauquelin T. et Guibal F., 2015. *Juniperus phoenicea* growing on cliffs: dendrochronology and wiggle-matching applied to the oldest trees in France. *DENDROSYMPOSIUM 2014*, 76.
233. Mathaux C., Mandin J. P., Oberlin C., Edouard J. L., Gauquelin T. et Guibal F., 2016. Ancient juniper trees growing on cliffs: toward a long Mediterranean tree-ring chronology. *Dendrochronologia*, 37, 79-88.
234. Matney T. G. et Hodges J. D., 1991. Evaluating regeneration success. In *Forest regeneration manual* (pp. 321-331).
235. Mazur M., Klajbor K., Kielich M., Sowinska M., Romo A., Montserrat J. M. et Boratynski A., 2010. Intra-specific differentiation of *Juniperus phoenicea* in the western Mediterranean region revealed in morphological multivariate analysis. *Dendrobiology*, (63).
236. Mazur M., Minissale P., Sciandrello S. et Boratyński, A. 2016. Morphological and ecological comparison of populations of *Juniperus turbinata* Guss. and *J. phoenicea L.* from the Mediterranean region. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150(2), 313-322.

237. Mazur M., Zielińska M., Boratyńska K., Romo A., Salva-Catarineu M., Marcysiak K. et Boratyński, A. 2018. Taxonomic and geographic differentiation of *Juniperus phoenicea* agg. based on cone, seed, and needle characteristics. *Systematics and Biodiversity*, 16(5), 469-482.
238. Mazur, M., 2021. Differentiation of Mediterranean species of *Juniperus* from the *Sabina* section as a result of their migrations. *Plant and Fungal Systematics*, vol. 66(2): 141–154.
239. Médail F. et Diadema K., 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of biogeography*, 36(7), 1333-1345.
240. Meloni M., Perini D., Filigheddu R. et Binelli G., 2006. Genetic Variation in Five Mediterranean Populations of *Juniperus phoenicea* as Revealed by Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *Annals of Botany*, vol. 97: 299–304.
241. Menaceur F., Benchabane A., Hazzit M. et Baaliouamer A., 2013. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Algerian *Juniperus phoenicea* L. Extracts. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 3(1), 87-96.
242. Meulenkaamp J. E. et Sissingh W., 2003. Tertiary palaeogeography and tectonostratigraphic evolution of the Northern and Southern Peri-Tethys platforms and the intermediate domains of the African–Eurasian convergent plate boundary zone. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 196(1-2), 209-228.
243. M'hirit O., 1982. Etude écologique et forestière du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre. *Ann. Rech. Forest. Maroc*. 22(1). 502.
244. Milios E., Pipinis E., Petrou P., Akritidou S., Smiris P. et Aslanidou M., 2007. Structure and regeneration patterns of the *Juniperus excelsa* Bieb. stands in the central part of the Nestos valley in the northeast of Greece, in the context of anthropogenic disturbances and nurse plant facilitation. *Ecological research*, 22, 713-723.
245. Milla A., Doumandji S. et Voisin J.F., 2013. *La dissémination des graines par les oiseaux. Comportement trophique des oiseaux et diversité des fruits charnus*. Unpubl.MS.
246. Minissale P. et Sciandrello S., 2013. A relic wood of *Juniperus turbinata* Guss. (Cupressaceae) in Sicily: Structural and ecological features, conservation perspectives. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 147(1), 145-157.
247. Molinier R., 1954. Observations sur la végétation de la zone littorale en Provence. *Vegetatio*, 257-267.
248. Molinier R., 1981. *Catalogue des plantes vasculaires des Bouches-du-Rhône*. Imprimerie municipale, Marseille, 375 p.
249. Molinier R. et Tallon G., 1970. *Prodrome des unités phytosociologiques observées en Camargue*.

250. Montero G., Rojo A. et Elena R., 1996. Case studies of growing stock and height growth evolution in Spanish forests. *Growth Trends in European Forests: Studies from 12 Countries*, 313-328.
251. Montès N., 1999. *Potentialités, dynamique et gestion d'une formation arborée à Genévrier Thurifère (Juniperus Thurifera L.) des Atlas marocains: le cas de la vallée de l'Azzaden* (Doctoral dissertation, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II).
252. Moraiti C. A., Kadis C., Papayiannis L. C. et Stavrinides M. C., 2019. Insects and mites feeding on berries of *Juniperus foetidissima* Willd. on the Mediterranean island of Cyprus. *Phytoparasitica*, 47, 71-77.
253. Moro M. J., Pugnaire F. I., Haase P. et Puigdefábregas J., 1997. Effect of the canopy of *Retama sphaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment. *Functional Ecology*, 11(4), 425-431.
254. Moulessehoul Y. I., Mehdadi Z. et Benchiha, W., 2022. Comparative Study on Caryopses Germination of *Stipatenacissima* L. From Two Habitats of Western Algeria Under Different Controlled Conditions of Salinity and Water Potential. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. C, Physiology and Molecular Biology*, 14(2), 163-174.
255. Moustafa A., Zaghoul M., El-Wahab A., Alsharkawy D., Ismail M. et Salman A., 2016. Ecological Prominence of *Juniperus phoenicea* L. Growing in Gebel Halal, North Sinai, Egypt. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 15(1), 11-23.
256. Müller-Dombois D. et Ellenberg H., 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley and Sons. New York, N.Y. pp. 547.
257. Nadjimi B., 2013. Effect of salinity and temperature on germination of *Lygeum spartum* L. (Poaceae). *Agricultural Research*, 2:340-345.
258. Nadjimi B., Difi M. et Haddioui A., 2014. Effets des différents prétraitements sur la germination des semences de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). *Revue des BioRessources*, 4(2), 40.
259. O'Brien P., Vander Wal E., Koen E. L., Brown C. D., Guy J., van Beest F. M. et Brook R. K., 2019. Understanding habitat co-occurrence and the potential for competition between native mammals and invasive wild pigs (*Sus scrofa*) at the northern edge of their range. *Canadian Journal of Zoology*, 97(6), 537-546.
260. Otto R., Barone R., Delgado J. D., Arévalo J. R., Garzón-Machado V., Cabrera-Rodríguez F. et Fernández-Palacios J. M., 2012. Diversity and distribution of the last remnants of endemic juniper woodlands on Tenerife, Canary Islands. *Biodiversity and Conservation*, 21, 1811-1834.
261. Otto, R., Krüsi, B. O., Delgado, J. D., Fernández-Palacios, J. M., García-Del-Rey, E., & Arévalo, J. R. (2010). Regeneration niche of the Canarian juniper: The role of adults, shrubs and environmental conditions. *Annals of Forest Science*, 67(7), 709.
262. Ozenda P., 1989. Le déplacement vertical des étages de végétation en fonction de la latitude : un modèle simple et ses limites. *Bull. Soc. Géol. France*, V(3), 535-540.

263. Ozenda P., 1977. *Flore du Sahara 2eEd.* CNRS, Paris, 622 p.
264. Palamarev E., 1989. Paleobotanical evidences of the Tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyll dendro flora. In *Woody plants—evolution and distribution since the Tertiary: Proceedings of a symposium organized by Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina in Halle/Saale, German Democratic Republic, October 9–11, 1986* (pp. 93-107). Springer Vienna.
265. Palm R. 1981. Contribution méthodologique au cubage des arbres et à la construction des tables de cubage et d'assortiments. Gembloux, Faculté universitaire des Sciences agronomiques, Thèse de Doctorat, 247 p.
266. Paluch J. G., 2005. The influence of the spatial pattern of trees on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forests. *Forest Ecology and Management*, 205(1-3), 283-298.
267. Paradis G., 1993. Les formations à *Juniperus phoenicea* et à *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* sur le littoral de la Corse. *Coll. Phytosoc.*, 20, 345-358.
268. Pardos M., Montes F., Aranda I. et Canellas I., 2007. Influence of environmental conditions on germinant survival and diversity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in central Spain. *European Journal of Forest Research* 126: 37-47.
269. Pausas J.G., 1999. Response of plant functional types to changes in the fire regime in Mediterranean ecosystems: a simulation approach. *Journal of vegetation Science*, 10(5), 717-722.
270. Pavon D., Vela E. et Médail F., 2020. Are Mediterranean trees well known? «*Juniperus turbinata*» (Cupressaceae), a common but misunderstood taxon/Les arbres de Méditerranée sont-ils bien connus? «*Juniperus turbinata*» (Cupressaceae), un taxon commun mais incompris. *ecologia mediterranea*, 46(2), 77-104.
271. Pérez-Cadavid A., Rojas-Soto O.R. et Bonilla-Moheno M., 2018. Effect of seed ingestion by birds on the germination of understory species in cloud forest. *Revistamexicana de biodiversidad*, 89(4): 1167-1175.
272. Petrou P. et Milios E., 2020. Investigation of the factors affecting artificial seed sowing success and seedling survival in *pinus brutia* natural stands in middle Maindin *et al* Maindin *et al* Maindin *et al* elevations of Central Cyprus. *Forests*, 11(12), 1349.
273. Pielou, E.C. 1977. *Mathematical ecology*. Wiley, New York
274. Pijl L., 1982. *Principles of dispersal in higher plants* (No. Ed. 3, pp. x+-215). Berlin: Springer-Verlag.
275. Popov S. V., Shcherba I. G., Ilyina L. B., Nevesskaya L. A., Paramonova N. P., Khondkarian S. O. et Magyar I., 2006. Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238(1-4), 91-106.
276. Postigo Mijarra J. M., Barrón E., Gómez Manzaneque F. et Morla, C., 2009. Floristic changes in the Iberian Peninsula and Balearic Islands (south-west Europe) during the Cenozoic. *Journal of Biogeography*, 36(11), 2025-2043.

277. Pouget M., 1977. *Cartographie des zones arides: géomorphologie, pédologie, groupements végétaux, aptitude du milieu à la mise en valeur à 1/100 000: région de Messaad-Ain El Ibel (Algérie)*. Ed. ORSTOM, Paris, 101 p.
278. Pouget M., 1980. *Les relations Sol-Végétation dans les steppes Sud-Algéroises*. Ed. O R S T O M, Paris, 569 p.
279. Press J. R. et Short M. J., 2001. *Flora of Madeira*. Hampshire: The Natural History Museum.
280. Prévosto B., Audouard M., Helluy M., Lopez J. M. et Balandier P., 2018. Le bilan hydrique en forêt méditerranéenne: influence des strates et de leur gestion Application au pin d'Alep. *Forêt Méditerranéenne*, 39(1), 3-12.
281. Pugnaire F. I., Haase P. et Puigdefabregas J., 1996. Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology*, 77(5), 1420-1426.
282. Pulliam H. R., 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology letters*, 3(4), 349-361.
283. Qnais E. Y., Abdulla F. A. et Ghalyun Y. A., 2005. Antidiarrheal effects of *Juniperus phoenicea* L. leaves extract in rats.
284. Quézel P., 2004. Large-Scale Post-Glacial Distribution of Vegetation Structures in the Mediterranean Region. Recent Dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape, 1-12.
285. Quézel P. et Barbero M., 1981. Contribution a l'étude des formations pré-steppiques à Genévriers au Maroc. *Boletim Da Sociedade Broteriana*, 53 (2) : 1137–1160.
286. Quezel P. et Gast M., 1998. Genévrier. *Encyclopédie berbère*, (20), 3016-3023.
287. Quezel P. et Médail F., 2003. *Écologie et biogéographie des forêts du Bassin méditerranéen*. Elsevier, Collection Environnement, Paris, 573 p.
288. Quézel P. et Pesson P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualites d'écologie forestiere. Gauthier-Villars, Paris, 205-255.
289. Quezel P. et Santa S., 1962-1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. 2 vol. CNRS. Ed., Paris. 1170 p.
290. Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale*. Ed. Mc. Graw- Hill, Paris, 397 p.
291. Ramade F., 2003. *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris : 689.
292. Ramdani M., Lograda T., Silini H., Zeraib A., Chalard P., Figueredo G., Bouchaala M. et Zerrar S., 2013. Antibacterial activity of essential oils of *Juniperus phoenicea* from Eastern Algeria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(11), 022-028.
293. Rameau J. C., Mansion D., Dumé G. et Gauberville C., 2008. *Flore forestière française tome 3, région méditerranéenne: Guide écologique illustré* (Vol. 3). CNPF-IDF.

294. Rebertus AJ et Veblen TT. 1993. Structure and tree fall gap dynamics of old-growth Nothofagus forests in Tierra del Fuego, Argentina. *J. Veg. Sci.* 4, 641–654.
295. Rezzi S., Cavaleiro C., Bighelli A., Salgueiro L., da Cunha A. P. et Casanova J., 2001. Intraspecific chemical variability of the leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* from Corsica. *Biochemical Systematics and Ecology*, 29(2), 179-188.
296. Richards. P.J.H., 1997. *Les climats annuels, la variabilité climatique et le bioclimat*.
297. Riou-Nivert., 2001. *Les résineux, Connaissance et reconnaissance. Tome 1. 2e Ed.* Institut pour le développement forestier, Paris.
298. Ripert C. et Ladier J., 2005. Apport du découpage pluviométrique du CRPF de la région PACA. *Forêt méditerranéenne*, 26(4), 309-314.
299. Ripert C. et Vennetier M., 2002. *Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre 2 bis: évaluation des potentialités forestières*. Cemagref éditions. (p. 60).
300. Rivas Martínez S., Valdés E., Costa M. et Castroviejo S., 1980. Vegetación de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa*, 2, 5-190.
301. Rivas-Martinez S., 1981. Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique. *Anales Jard. Bot.*, Madrid, 37 (2), 215-268.
302. Rivas-Martinez S., Costa M. et Loidi J., 1992. La vegetation de las islas de Ibiza y Formentera (Islas Baléares, Espana). *Itinera Geobot.*, 6 : 99-236.
303. Rodríguez-Pérez J., Riera N. et Traveset A., 2005. Effect of seed passage through birds and lizards on emergence rate of Mediterranean species: differences between natural and controlled conditions. *Functional Ecology*, 19(4): 699-706.
304. Rol R. et Jacamon M., 1968. *Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux. 3. Région méditerranéenne*. La Maison Rustique. Paris. 96 p.
305. Romo A., Mazur M., Salvà-Catarineu M. et Boratyński, A., 2019. A re-evaluated taxon: Genetic values and morphological characters support the recognition of the Canary Island juniper of the phoenicea group at a specific level. *Phytotaxa*, vol. 406(1): 64–70.
306. Rondeux J., 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. Ed. Les Presses Agronomiques, Gembloux. 544 p.
307. Roques A., Raimbault J. P. et Goussard F., 1984. La colonisation des cônes et galbules des genévriers méditerranéens par les insectes et acariens et son influence sur les possibilités de régénération naturelle de ces essences. *Ecologia mediterranea*, 10(1), 147-169.
308. Rosen, B. R., 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. *Analytical biogeography: an integrated approach to the study of animal and plant distributions*, 437, 481.
309. Rousset O. et Lepart J., 2000. Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*). *Journal of Ecology*, 88(3), 401-412.

310. Rumeu B., Elias R. B., Padilla D. P., Melo C. et Nogales M., 2011. Differential seed dispersal systems of endemic junipers in two oceanic Macaronesian archipelagos: the influence of biogeographic and biological characteristics. *Plant Ecology*, 212(5): 911-921.
311. Rumeu B., Padilla D. P. et Nogales M., 2009. The key role of a Ring Ouzel *Turdus torquatus* wintering population in seed dispersal of the endangered endemic *Juniperus cedrus* in an insular environment. *Acta Ornithologica*, 44(2), 199-204.
312. Salomonson M. G., 1978. Adaptations for animal dispersal of one-seed juniper seeds. *Oecologia*, 32, 333-339.;
313. Salvà-Catarineu M., Romo A., Mazur M., Zielińska M., Minissale P., Dönmez A., Boratyńska K. et Boratyński A., 2021. Past, present, and future geographic range of the relict Mediterranean and Macaronesian *Juniperus phoenicea* complex. *Ecology and Evolution*, vol. 11:5075–5095.
314. Samuels I.A. et Levey D.J., 2005. Effects of gut passage on seed germination: do experiments answer the questions they ask?. *Functional Ecology*, 19: 365-368.
315. Sánchez-Gómez P., Jiménez J. F., Cánovas J. L., Vera J. B., Hensen, I. et Aouissat, M., 2018. Genetic structure and phylogeography of *Juniperus phoenicea* complex throughout Mediterranean and Macaronesian regions: different stories in one. *Annals of Forest Science*, 75, 1-12.
316. Sanguin H., Mathaux C., Guibal F., Prin Y., Mandin J. P., Gauquelin, T. et Duponnois R., 2016. Ecology of vertical life in harsh environments: The case of mycorrhizal symbiosis with secular cliff climbing trees (*Juniperus phoenicea* L.). *Journal of Arid Environments*, 134, 132-135.
317. Santos T., Tellería J.L. et Virgós, E., 1999. Dispersal of Spanish juniper *Juniperus thurifera* by birds and mammals in a fragmented landscape. *Ecography*, 22(2): 193-204.
318. Sarangzai A. M., Ahmed M., Ahmed A., Tareen L. et Jan S. U., 2012. The ecology and dynamics of *Juniperus excelsa* forest in Balochistan-Pakistan. *Pak. J. Bot*, 44(5), 1617-1625.
319. Sarmoum M., Guibal F. et Abdoun F., 2016. Effet des facteurs stationnels sur la croissance radiale et la réponse du pin d'Alep au climat dans le massif de l'Ouarsenis, Algérie. *Bois et Forêts des Tropiques*, (329 (3)), 17-27.
320. Sarmoum M., Navarro-Cirillo R., Guibal F. et Abdoun F., 2020. Typology, productivity and dynamics of aleppo pine stands in the Ouarsenis massif (Algeria). *AGROFOR-International Journal*, 5(2), 112-121.
321. Schneck R, Micheels A, Mosbrugger V., 2010. Climate modeling sensitivity experiments for the Messinian salinity crisis. *Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol*, 286:149–163.
322. Schupp E.W., 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio*, 107/108: 15-29.

323. Scott S.J., Jones R.A. et Williams W.A., 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop science*, 24(6) : 1192-1199.
324. Sebastian L., 1958. Essais de germination de quatre espèces du genre *Juniperus*. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 38 : 115-122.
325. Sebastian L., 1965. Ecologie des Genévriers Au Maroc. *Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 45 : 49-116.
326. Seltzer P., 1946. *Le climat de l'Algérie*. Inst. Météor. Et de Phys. Du Globe. *Univ. Alger*. 219 p. + Carte.
327. Sexton J. P., McIntyre P. J., Angert A. L. et Rice K. J., 2009. Evolution and ecology of species range limits. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 40, 415-436.
328. Sharitz, R. R. et McCormick, J. F., 1973. Population dynamics of two competing annual plant species. *Ecology*, 54(4), 723-740.
329. Siemann E. et Rogers W. E., 2003. Herbivory, disease, recruitment limitation, and success of alien and native tree species. *Ecology*, 84(6), 1489-1505.
330. Sigl M., Strunk H, et Barth H.-J., 2006. Dendroclimatic investigations in asir mountains – Saudi Arabia, preliminary report. In *Tree rings in archaeology, climatology and ecology*, Vol. 4, ed.
331. Silvertown, J. et Law R. 1987. Do plants need niches? Some recent developments in plant community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 2(1), 24-26.
332. Soberon, J. et Peterson, A. T., 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas.
333. Souttou K., Sekour M., Gouissek K., Hadjoudj M., Guezoul O., Doumandji S. et Denys C. 2012. Paramètres écologiques des rongeurs recensés dans un milieu semi aride à Djelfa (Algérie). *Algerian Journal of Arid Environment*, "AJAE" 2(2): 14-14.
334. Stampoulidis A., Pipinis E., Petrou P. et Kitikidou K., 2023. Regeneration Analysis of the *Juniperus excelsa* Mixed Stands in Prespa National Park of Greece as a Base for the Assessment of the Appropriate Silvicultural Treatment for the Conservation of the Species. *South-east European forestry: SEEFOR*, 14(1), 47-52.
335. Stockey R. A., Kvaček J., Hill R. S., Rothwell G. W. et Kvaček Z., 2005. The fossil record of Cupressaceae s. lat. *A monograph of Cupressaceae and Sciadopityes*, 54, 68.
336. Stricklan D., 2019. *The Role of Frugivores in the Dispersal and Germination of One Seed Juniper (Juniperus monosperma) Seeds in Central New Mexico* (Doctoral dissertation, New Mexico State University).
337. Stricklan D., Saud P., Cibils A. F., Steiner R. L., Cram D. S., Young K. et Faist A. M., 2020. Germination of one-seed juniper seeds distributed by different frugivore groups. *Rangeland Ecology & Management*, 73(3), 433-440.

338. Suárez-Esteban A., Delibes M. et Fedriani J. M., 2013. Unpaved road verges as hotspots of fleshy-fruited shrub recruitment and establishment. *Biological Conservation*, 167, 50-56.
339. Svenning J. C. et Skov F., 2007. Could the tree diversity pattern in Europe be generated by postglacial dispersal limitation?. *Ecology letters*, 10(6), 453-460.
340. Takhtajan A., 1986. *Floristic regions of the world*. University of California Press, Los Angeles, 522p.
341. Tecco PA, Gurvich DE, Diaz S, Pe´rez-Harguindenguy N, Cabido M., 2006. Positive interaction between invasive plants: the influence of *Pyracantha angustifolia* on the recruitment of native and exotic woody species. *Aust Ecol* 31(3):293–300.
342. Terrab A., Schönswetter P., Talavera S., Vela E. et Stuessy T. F., 2008. Range-wide phylogeography of *Juniperus thurifera* L., a presumptive keystone species of western Mediterranean vegetation during cold stages of the Pleistocene. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48(1), 94-102.
343. Terrab A., Talavera S., Arista M., Paun O., Stuessy T. F. et Tremetsberger K., 2007. Genetic diversity at chloroplast microsatellites (cpSSRs) and geographic structure in endangered West Mediterranean firs (*Abies* spp., Pinaceae). *Taxon*, 56(2), 409-416.
344. Tessier M. et Paillat, J.P., 2001. Enquête sur la répartition de la genette, *Genettagenetta*, en Vendée (2001-2002). *Le naturaliste vendéen*, 1: 49-54.
345. Thompson JD., 2005. *Plant evolution in the Mediterranean*. Oxford University Press Inc., New York, 293 p.
346. Traveset A., 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores' guts on germination: a review. *Perspectives in Plant ecology, evolution and systematics*, 1(2): 151-190.
347. Traveset A. et Verdú M., 2002. A meta-analysis of the effect of gut treatment on seed germination. In *Seed dispersal and frugivory: Ecology, evolution, and conservation* (pp. 339-350). New York: CABI Pub.
348. Traveset, A. et Sans A., 1994. Insect frugivory in *Juniperus phoeniceae* (L.)(Cupressaceae) in Cabrera Island (Balearic Archipelago). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 143-149.
349. Tsiourlis G. M., 1992. Etude d'un écosystème de maquis à *Juniperus phoenicea* L.(Naxos, Cyclades, Grèce): structure spatiale et phytomasse des appareils racinaires. *Bulletin d'écologie*, 23(1-2), 71-81.
350. Tüfekcioğlu İ. et Tavşanoğlu Ç., 2022. Diversity and regeneration strategies in woody plant communities of the Mediterranean Basin: Vegetation type matters. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 156(5), 1247-125.
351. Tutin T. G., 1964. *Plantaginaceae to Compositae (and Rubiaceae)*. (Ed.). Flora Europaea, Vol, 4. Cambridge university press.

352. Tzedakis P. C., 2009. Museums and cradles of Mediterranean biodiversity. *Journal of Biogeography*, 36, 1033–1034.
353. Uzquiano P. et Arnaz AM., 1997. Consideraciones paleoambientales del Tardiglacial y Holoceno inicial en el Levante español: macrorestos vegetales de El Tossal de la Roca (Vall d' Alcalà, Alicante). *Anal Jard Bot Madrid*, 55:125–133.
354. Valladares F. et Pugnaire F. I., 1999. Tradeoffs between irradiance capture and avoidance in semi-arid environments assessed with a crown architecture model. *Annals of Botany*, 83(4), 459-469.
355. Van Andel T. H., 2002. *The climate and landscape of the middle part of Weichselian Glaciation in Europe: The stage 3 project*. *Quaternary Research*, 57, 2–8.
356. Varela O. et Bucher E.H., 2006. Passage time, viability, and germination of seeds ingested by foxes. *Journal of Arid Environments*, 67(4): 566-578
357. Verdú M. et García-Fayos, P. 2003. Frugivorous birds mediate sex- biased facilitation in a dioecious nurse plant. *Journal of Vegetation Science*, 14(1): 35-42.
358. Verdú M. et Traveset, A., 2004. Bridging meta-analysis and the comparative method: a test of seed size effect on germination after frugivores' gut passage. *Oecologia*, 138(3): 414-418.
359. Walas Ł., Sobierajska K., Ok T., Dönmez A. A., Kanoğlu S. S., Dagher-Kharrat M.B., Douaihy B., Romo A., Stephan J., Jasińska, A.K., Boratyński, A., 2019. Past, present, and future geographic range of an oro-Mediterranean Tertiary relict: The *Juniperus drupacea* case study. *Reg. Environ. Change* 19, 1507–1520.
360. Ward L.K., 1973. The conservation of juniper: present status of juniper in southern England. *Journal of Applied Ecology* 14, 163- 178.
361. Ward, L.K., 1981. The demography, fauna and conservation of *Juniperus communis* in Britain. In: Syne, H. (Ed.), *The Biological Aspect of Rare Plant Conservation*. John Wiley and Sons Ltd., London, pp. 319-329.
362. Weiss S. et Farrand N., 2007. *Phylogeography of Southern European Refugia*. Springer, Dordrecht, 377 p.
363. Whittaker R. J. et Fernández-Palacios, J. M., 2007. *Island Biogeography, second edition*. Oxford: Oxford University Press.
364. Wied A. et Galen C., 1998. Plant parental care: conspecific nurse effects in *Frasera speciosa* and *Cirsium scopulorum*. *Ecology*, 79(5), 1657-1668.
365. Willan R.L., 1992. *Guide de manipulation des essences forestières: dans le cas particulier des régions tropicales*. Ed. Food and Agriculture, 464 p
366. Willson M.F., 1993. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. In *Frugivory and seed dispersal: ecological and evolutionary aspects* (pp. 261-280). Springer, Dordrecht.
367. Wisz M. S., Pottier J., Kissling W. D., Pellissier L., Lenoir J., Damgaard C. F., Forchhammer M. C., Grytnes JA., Guisan A., Heikkinen R.K., Høye T.T., Kühn I.,

- Luoto M., Maiorano L., Nilsson MC., Normand S., Ockinger E., Schmidt N. M., Termansen M., Timmermann A., Wardle D. A., Aastrup P. et Svenning J. C., 2013. The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological reviews*, 88(1), 15-30.
368. Yang F.X.; Wang S.Y.; Xu H.G et Li, B.Q., 1991. The theory of survival analysis and its application to life table. *Acta Ecol.* 11,153–158.
369. Youssef A. M., Morsy A. A., Mosallam H. A. et Hashim A. M., 2014. Vegetation and soil relationships in some wadis from the North-Central part of Sinai Peninsula Egypt. *Minia Sci. Bull.* 25, 1–28.
370. Zaghoul MS ;Abd El-Wahab RH et Moustafa AA., 2008. Conservation of *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* populations in Southern Sinai, Egypt, III- Population Age Structure and dynamics. *Assiut University Journal of Botany* 37(1): 85-113.
371. Zine El Abidine A., Zaidi A. et Niass, M.F., 1996. La germination des graines du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 29: 1-23.

Productions scientifiques

Population dynamics and demographic structure of *Juniperus Phoenicea* L. in Semi-Arid North African ecosystems

 Ahlame Benabderrahmane^{1*},  Safia Belhadj²,  Belkacem Daoudi³, Amar Khadoumi³, Abdallah Boumakhleb³,  Fathi Abdellatif Belhouadjeb³

¹Research Laboratory: Exploration and Valorization of Steppe Ecosystems (EVES), SNV Faculty, Ziane Achour University of Djelfa, Algeria. a.benabderrahmane@univ-djelfa.dz (A.B.)

²Faculty of Nature and life Sciences: Ziane Achour University of Djelfa, Algeria. belhadjsafia@yahoo.fr (S.B.)

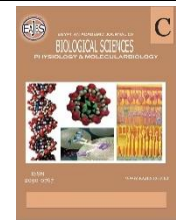
³Centre de Recherche en Agropastoralisme (CRAPAST), 17000 Djelfa, Algeria; b.daoudi17@gmail.com (B.D.) amar.khadoumi@gmail.com (A.K.) boumakhleb1@gmail.com (A.B.) belhouadjebfathi@gmail.com (F.A.B.)

Abstract: The present study aims to characterize the demographic structure of the red juniper (*Juniperus phoenicea* L.) population under a semi-arid bioclimate in the Central Saharan Atlas Mountains (North Africa) to define its dynamics and predict its future status and conservation. Based on ten selected homogeneous sites, a total of 100 temporary observation plots, each covering 400 m², were surveyed. Within each plot, dendrometric variables (Total height, density) were measured to establish demographic analysis and a static life table. Data analysis revealed that the studied *Juniperus phoenicea* populations fall into three contrasting "ecological types": expanding populations, self-sustaining populations with natural regeneration, and declining populations. The persistence of the latter is mainly due to the species' relatively long lifespan, allowing natural renewal to be maintained and ensuring that the population size remains stable at a certain point in the future.

Keywords: Demographic structure, Dynamics, Static life table, *Juniperus phoenicea*, North Africa, Semi-arid ecosystems.

1. Introduction

Juniperus phoenicea Linnaeus [1] is a shrub or small tree (1–8 meters), often monoecious, upright, and branching from the base, with a circumference exceeding two meters. According to Boratyński, et al. [2] its maximum height can reach 12 meters. The Phoenician Juniper thrives in extreme ecological conditions [3]. It is highly resistant to drought, soil degradation, and anthropogenic pressure, particularly in the most arid regions [3]. It plays a crucial role in the dynamics of pre-forest communities [4]. This species actively contributes to biodiversity conservation by providing both shelter and a food source. Potential frugivores in the region feed on its galbules during periods of scarcity [5–8]. The tree possesses therapeutic properties [9–13] and serves as a source of firewood [14]. Several studies have reported different potential distribution scenarios for the *Juniperus phoenicea* complex [15, 16]. These scenarios indicate a significant reduction in the species' spatial distribution by 2070 due to various environmental factors driving these changes [17–20]. Based on the literature reviewed in this section, few studies have addressed the structuring and functioning of juniper woodlands worldwide, particularly in Egypt [15, 16] Saudi Arabia [21] Libya [22, 23] and France [24, 25]. Age structure is a key characteristic of populations, and numerous researchers have used size structure analysis [26, 27] in studies on population structure and dynamics. In some cases, size may be a better predictor of reproductive output than age, particularly under similar forest growth conditions [28–30]. The static life table, also known as a time-specific life table, estimates survival and mortality by age based on the structure of a population at a given moment. It is particularly useful for long-lived



***Juniperus phoenicea*'s power of responding to ingestion by potential frugivores in the Central Saharan Atlas (semi-arid) - Algeria**

Benabderrahmane, Ahlame¹, Belhadj, Safia², and Daoudi, Belkacem³

1- Research Laboratory: Exploration and Valorization of Steppe Ecosystems (EVES), SNV Faculty, Ziane Achour University of Djelfa, Algeria.

2- Faculty of Nature and life Sciences. Ziane Achour University of Djelfa, Algeria

3- Plant Biodiversity conservation and valorization Laboratory, Faculty of Natural and Life Sciences, Djillali-Liabes University, Sidi Bel Abbes, 22000, Algeria.

*E. Mail: a.benabderrahmane@univ-djelfa.dz - belhadjsafia@yahoo.fr - b.daoudi17@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History

Received:7/10/2022

Accepted:24/11/2022

Available:29/11/2022

Keywords:

Algeria, Frugivores,

Germination,

Juniperus

phoenicea, Seed

Ingestion.

ABSTRACT

Our study goal is to ascertain the effects of *Juniperus phoenicea* seed passage, through potential frugivores' digestive tubes, on their germination behavior in the central Saharan Atlas of Algeria.

The methodology adopted entails comparing germination findings of ingested seeds of *Juniperus phoenicea* by the frugivores, in this case: Ring Ouzels, Wild Boar, Common Genet, Golden Wolf of Africa, red fox, and Shaw's Jird to those of seeds not ingested.

The main findings demonstrate that frugivores' ingestion of *Juniperus phoenicea* seeds does not favorably affect their germination rates. Nonetheless, the seeds ingested by Ring Ouzels provide close results to those of the control, which oscillate by 60%. Also, a notable decrease has been recorded in the batches of the wild boar and the carnivores. The five (05) batches of Shaw's Jird, on the other hand, show a low to no germination rate.

Furthermore, a significant modification of *Juniperus phoenicea* germination pattern is observed after the ingestion of the seeds; not only delaying the latent germination time by a few days but also slowing down the speed of germination. These alterations are unique to each frugivores and such diversity may have a favorable impact on the effectiveness of *Juniperus phoenicea* dispersal.

INTRODUCTION

Juniperus phoenicea Linnaeus (1753) commonly known as red juniper or Phoenician juniper, is a tiny evergreen shrub or tree with fleshy fruits that resemble berries. The trunk is red to brown in color. *Juniperus phoenicea* is found over the whole Mediterranean Basin, from Jordan and the Sinai Peninsula, along the Red Sea in the east to Portugal on the Atlantic beaches and the Atlas Mountains in the west. Additionally, it occurs in Madeira and the Canary Islands (Farjon 2005). In the Atlas Mountains (Morocco) and the Asir Range (Saudi Arabia), it can grow from sea level up to 2400 m (Benabid 1985; Farjon 2005). In Algeria, the stands of *Juniperus phoenicea* extend over about 227,000 Ha (Hectare), or 10% of the wooded area (Kadik 1987; Louni 1994). This fact gives to the species an evolutionary plasticity and adaptive strategies vis-à-vis to the various ecological constraints (semi-arid and coastal areas).

Annexes

Annexe 1: Tableaux des analyses de la variance.

Caractéristiques orographiques

Unité Géologique

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	3756615	1	3756615	134.7072	0.000000
Unité Géologique	851416	5	170283	6.1061	0.000061*
Erreur	2621402	94	27887		

Position topographique

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	1681594	1	1681594	50.36992	0.000000
Position topographique	334640	5	66928	2.00474	0.085010
Erreur	3138179	94	33385		

Altitude

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	2672034	1	2672034	81.14611	0.000000
Altitude	377524	5	75505	2.29298	0.051623
Erreur	3095295	94	32929		

Exposition

Grouping: exposition Group 1: N Group 2: S						
	Mean - N	Mean - S	t-value	df	p	p - Variances
régénération/ha	253.3898	115.3226	3.497011	88	0.000740	0.000001*

Pente

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	2970928	1	2970928	87.67143	0.000000
Pente	253547	4	63387	1.87053	0.121953
Erreur	3219272	95	33887		

Type du sol

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	1123193	1	1123193	35.48349	0.000000
sol	402383	2	201192	6.35597	0.002548*
Erreur	3070435	97	31654		

Caractéristiques phytoécologiques

1^{ère} espèce dominante

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	338636	1	338635.9	10.33001	0.001788
1 ^{ère} espèce dominante	358553	4	89638.2	2.73439	0.033354*
Erreur	3114266	95	32781.7		

2^{ème} espèce dominante

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	1443703	1	1443703	43.09903	0.000000
2 ^{ème} espèce dominante	357566	6	59594	1.77908	0.111851*
Erreur	3115253	93	33497		

Espèce nurse (ANOVA2)

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	8558,229	1	8558,229	47,60855	0,000000
Espèce	7163,971	6	1193,995	6,64207	0,000027*
Station	2928,629	9	325,403	1,81018	0,087533
Erreur	9707,171	54	179,762		

Régénération par station

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	3591025	1	3591025	1127.087	0.00
Régénération	1408475	9	156497	49.119	0.00*
Error	286750	90	3186		

Adultes par station

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	1587600	1	1587600	1405.993	0.000000
Adultes	145775	9	16197	14.344	0.000000*
Erreur	101625	90	1129		

Test de germination

Source de variation	Sommes des carrés	DDL	Carrés moyen	Test F	<i>p</i>
Ordre origine	16317.19	1	16317.19	334.9317	0.000000
lot	15627.71	13	1202.13	24.6753	0.000000*
Erreur	1266.67	26	48.72		

Annexe2

Liste des espèces végétales répertoriées dans les juniperaies de la région de Djelfa (Atlas Saharien Central)

Espèce	FAMILLE	NOM_DOBIGNARD_2013	TYPE_BIOLOGIQUE
<i>Narcissus cantabricus</i> DC.	AMARYLLIDACEAE	<i>Narcissus cantabricus</i> DC.	GEOPHYTE
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	ANACARDIACEAE	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Pistacia terebinthus</i> L.	ANACARDIACEAE	<i>Pistacia terebinthus</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Pistacia terebinthus</i>	ANACARDIACEAE	<i>Pistacia terebinthus</i>	PHANEROPHYTE
<i>Ammoides verticillata</i> (Desf) Briq.	APIACEAE	<i>Ammoides pusilla</i> (Brot.) Breistr.	THEROPHYTE
<i>Bupleurum semicompositum</i> L.	APIACEAE	<i>Bupleurum semicompositum</i> L.	THEROPHYTE
<i>Carum montanum</i> (C et D.) Benth.	APIACEAE	<i>Selinopsis montana</i> Coss. & Durieu ex Batt.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Thapsia garganica</i> L.	APIACEAE	<i>Thapsia garganica</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Ferula communis</i>	APIACEAE	<i>Ferula ferulago</i>	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Anacyclus clavatus</i> Desf.	ASTERACEAE	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.	THEROPHYTE
<i>Anacyclus cyrtolepidioides</i> Pomel.	ASTERACEAE	<i>Anacyclus monanthos subsp. cyrtolepidioides</i> (Pomel).	THEROPHYTE
<i>Andryala integrifolia</i> L.	ASTERACEAE	<i>Andryala integrifolia</i> L.	THEROPHYTE
<i>Artemisia atlantica</i> C et D	ASTERACEAE	<i>Artemisia atlantica</i> Coss.	CHAMEPHYTE
<i>Artemisia campestris</i> L	ASTERACEAE	<i>Artemisia campestris</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Artemisia herba-alba</i> Asso	ASTERACEAE	<i>Artemisia herba-alba</i> Asso.	CHAMEPHYTE
<i>Atractylis humilis</i> L.	ASTERACEAE	<i>Atractylis caespitosa</i> Desf.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Atractylis phaeolepis</i> Pomel.	ASTERACEAE	<i>Atractylis phaeolepis</i> Pomel.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Atractylis prolifera</i> Boiss.	ASTERACEAE	<i>Atractylis prolifera</i> Boiss.	THEROPHYTE
<i>Calendula aegyptiaca</i> Desf.	ASTERACEAE	<i>Calendula arvensis</i> (Vaill.) L.	THEROPHYTE
<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC.	ASTERACEAE	<i>Carthamus pinnatus</i> Desf.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Carlina hispanica</i> Lam .	ASTERACEAE	<i>Carlina hispanica</i> Lam.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Carlina involucrata</i> Pomel.	ASTERACEAE	<i>Carlina brachylepis</i> (Batt.) Meusel & Kästner.	CHAMEPHYTE
<i>Catananche lutea</i> L.	ASTERACEAE	<i>Catananche lutea</i> L.	THEROPHYTE
<i>Centaurea granatensis</i> Boiss.	ASTERACEAE	<i>Centaurea granatensis</i> Boiss. ex DC.	THEROPHYTE
<i>Centaurea maroccana</i> Ball.	ASTERACEAE	<i>Centaurea maroccana</i> Ball.	THEROPHYTE
<i>Centaurea pomeliana</i> Batt.	ASTERACEAE	<i>Centaurea pomeliana</i> Batt.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Centaurea pubescens</i> Willd.	ASTERACEAE	<i>Centaurea pubescens</i> Willd.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Cirsium echinatum</i> (Desf.) DC.	ASTERACEAE	<i>Cirsium echinatum</i> (Desf.) DC.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Echinops spinosus</i> L.	ASTERACEAE	<i>Echinops spinosus</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Filago spathulata</i> Presl.	ASTERACEAE	<i>Filago desertorum</i> Pomel.	THEROPHYTE
<i>Hedypnois cretica</i> (L.) Willd.	ASTERACEAE	<i>Hedypnois rhagadioloides</i> (L.) F. W. Schmid.t	THEROPHYTE
<i>Jurinea humilis</i> DC.	ASTERACEAE	<i>Jurinea humilis</i> (Desf.) DC.	THEROPHYTE
<i>Launaea glomerata</i> (Cass.) Hook.	ASTERACEAE	<i>Launaea capitata</i> (Spreng.) Dandy	THEROPHYTE
<i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook.	ASTERACEAE	<i>Launaea nudicaulis</i> (L.) Hook. f.	THEROPHYTE
<i>Launaea resedifolia</i> (L.) Kuntze.	ASTERACEAE	<i>Launaea fragilis</i> (Asso) Pau.	THEROPHYTE
<i>Leontodon hispanicus</i> Poiret.	ASTERACEAE	<i>Picris hispanica</i> (Willd.) P. D. Sell.	THEROPHYTE
<i>Leontodon hispidulus</i> (Del.) Boiss.	ASTERACEAE	<i>Scorzoneroides hispidula</i> (Delile) Greuter & Talavera.	THEROPHYTE
<i>Leontodon saxatilis</i> Lamk.	ASTERACEAE	<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.	THEROPHYTE

<i>Leontodon tuberosus</i> L.	ASTERACEAE	<i>Leontodon tuberosus</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Leuzea conifera</i> DC.	ASTERACEAE	<i>Rhaponticum coniferum</i> (L.) Greuter	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Micropus bombycinus</i> Lag.	ASTERACEAE	<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz	THEROPHYTE
<i>Pallenis spinosa</i> L.	ASTERACEAE	<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Rhaponticum acaule</i> (L.) DC.	ASTERACEAE	<i>Rhaponticum acaule</i> (L.) DC.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Scorzonera laciniata</i> L.	ASTERACEAE	<i>Podospermum laciniatum</i> (L.) DC.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Taraxacum getulum</i> Pomel.	ASTERACEAE	<i>Taraxacum getulum</i> Pomel	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Xeranthemum inapertum</i> (L.) Mill	ASTERACEAE	<i>Xeranthemum inapertum</i> (L.) Mill.	THEROPHYTE
<i>Bellis annua</i>	ASTERACEAE	<i>Bellis minuta</i>	THEROPHYTE
<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss et Kralik.	BORAGINACEAE	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss. & Kralik.	THEROPHYTE
<i>Megastoma pusillum</i> C et D.	BORAGINACEAE	<i>Ogastemma pusillum</i> (Coss. & Durieu ex Bonnet & Barratte) Brummitt.	THEROPHYTE
<i>Alyssum alpestre</i> L.	BRASSICACEAE	<i>Alyssum serpyllifolium</i> Desf.	CHAMEPHYTE
<i>Alyssum granatense</i> Boiss et Reut.	BRASSICACEAE	<i>Alyssum granatense</i> Boiss. & Reut.	THEROPHYTE
<i>Alyssum linifolium</i> Steph.	BRASSICACEAE	<i>Alyssum linifolium</i> Willd.	THEROPHYTE
<i>Alyssum scutigerum</i> Dur	BRASSICACEAE	<i>Alyssum scutigerum</i> Durieu.	THEROPHYTE
<i>Arabis auriculata</i> Lamk	BRASSICACEAE	<i>Arabis auriculata</i> Lam.	THEROPHYTE
<i>Brassica amplexicaulis</i> (Desf.) Pomel.	BRASSICACEAE	<i>Guenthera amplexicaulis</i> (Desf.) Gómez-Campo .	THEROPHYTE
<i>Diploaxis erucoides</i> (L.) Dc.	BRASSICACEAE	<i>Diploaxis erucoides</i> (L.) DC.	THEROPHYTE
<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Car.	BRASSICACEAE	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	THEROPHYTE
<i>Erysimum incanum</i> Kunze.	BRASSICACEAE	<i>Erysimum incanum</i> Kunze.	THEROPHYTE
<i>Hutchinsia petraea</i> (L.) R . Br.	BRASSICACEAE	<i>Hornungia petraea</i> (L.) Rchb.	THEROPHYTE
<i>Malcolmia africana</i> R .Br.	BRASSICACEAE	<i>Malcolmia africana</i> (L.) R. Br.	THEROPHYTE
<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.	BRASSICACEAE	<i>Noccaea perfoliata</i> (L.) Al-Shehbaz	THEROPHYTE
<i>Lonicera implexa</i> Aiton.	CAPRIFOLIACEAE	<i>Lonicera implexa</i> Aiton	PHANEROPHYTE
<i>Minuartia campestris</i> L.	CAPRIFOLIACEAE	<i>Minuartia campestris</i> L.	THEROPHYTE
<i>Minuartia montana</i> L.	CAPRIFOLIACEAE	<i>Minuartia montana</i> L.	THEROPHYTE
<i>Minuartia tenuifolia</i> (L.) Hiern.	CAPRIFOLIACEAE	<i>Minuartia hybrida</i> (Vill.) Schischk	THEROPHYTE
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	CAPRIFOLIACEAE	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	THEROPHYTE
<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	CARYOPHYLLACEAE	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Dianthus crinitus</i> Sm.	CARYOPHYLLACEAE	<i>Dianthus crinitus</i> Sm.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Silene italica</i> L.	CARYOPHYLLACEAE	<i>Silene italica</i> (L.) Pers.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Silene secundiflora</i> Otth.	CARYOPHYLLACEAE	<i>Silene secundiflora</i> Otth	THEROPHYTE
<i>Silene tridentata</i> Desf.	CARYOPHYLLACEAE	<i>Silene tridentata</i> Desf.	THEROPHYTE
<i>Tunica illyrica</i> (Ard.) Fisch.	CARYOPHYLLACEAE	<i>Petrorhagia illyrica</i> (Ard.) P. W. Ball & Heywood.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.	CHENOPODIACEAE	<i>Anarrhinum fruticosum</i> Desf.	THEROPHYTE
<i>Polycnemum fontanesii</i> Dur et Moq.	CHENOPODIACEAE	<i>Polycnemum fontanesii</i> Durieu & Moq.	CHAMEPHYTE
<i>Cistus libanotis</i> L.	CISTACEAE	<i>Cistus libanotis</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Cistus salvifolius</i> L.	CISTACEAE	<i>Cistus salvifolius</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Fumana ericoides</i> (Cav.) Pau.	CISTACEAE	<i>Fumana ericoides</i> (Cav.) Gand.	CHAMEPHYTE
<i>Fumana thymifolia</i> (L) Verlot	CISTACEAE	<i>Fumana thymifolia</i> (L.) Webb.	CHAMEPHYTE
<i>Helianthemum apertum</i> Pomel.	CISTACEAE	<i>Helianthemum ledifolium</i> subsp. <i>apertum</i> (Pomel) Raynaud ex Greuter & Burdet.	THEROPHYTE
<i>Helianthemum cinereum</i> (Cav) Pers.	CISTACEAE	<i>Helianthemum cinereum</i> (Cav.)	CHAMEPHYTE

		Pers.	
<i>Helianthemum racemosum</i> (L.) Pau.	CISTACEAE	<i>Helianthemum syriacum</i> (Jacq.) Dum. Cours.	CHAMEPHYTE
<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers.	CISTACEAE	<i>Helianthemum virgatum</i> (Desf.) Pers.	CHAMEPHYTE
<i>Convolvulus lineatus</i> L.	CONVOLVULACEAE	<i>Convolvulus spicifolius</i> Desr.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	CUPRESSACEAE	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	CUPRESSACEAE	<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> (Guss.) Arcang.	PHANEROPHYTE
<i>Scabiosa arenaria</i> Forsk.	DIPSACEAE	<i>Sisylx arenaria</i> (Forssk.) Greuter & Burdet	THEROPHYTE
<i>Ephedra major</i>	EPHEDRACEAE	<i>Ephedra procera</i>	PHANEROPHYTE
<i>Euphorbia bupleuroides</i> Desf.	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia bupleuroides</i> Desf.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Euphorbia falcata</i> L.	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia falcata</i> L.	THEROPHYTE
<i>Euphorbia sulcata</i> De lens.	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia sulcata</i> Loisel.	THEROPHYTE
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	FABACEAE	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Astragalus caprinus</i> L.	FABACEAE	<i>Astragalus caprinus</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Astragalus cruciatus</i> Link.	FABACEAE	<i>Astragalus crenatus</i> Schult.	THEROPHYTE
<i>Astragalus glaucus</i> L.	FABACEAE	<i>Astragalus glaucus</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Astragalus incanus</i> L.	FABACEAE	<i>Astragalus incanus</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Astragalus sinaicus</i> Boiss	FABACEAE	<i>Astragalus stella</i> Gouan.	THEROPHYTE
<i>Coronilla scorpioides</i> Koch.	FABACEAE	<i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J. Koch.	THEROPHYTE
<i>Ebenus pinnata</i> L.	FABACEAE	<i>Ebenus pinnata</i> Aiton.	CHAMEPHYTE
<i>Hippocrepis multisiliquosa</i> L.	FABACEAE	<i>Hippocrepis cyclocarpa</i> Murb.	THEROPHYTE
<i>Hippocrepis scabra</i> DC.	FABACEAE	<i>Hippocrepis scabra</i> DC.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Medicago laciniata</i> (L.) Mill.	FABACEAE	<i>Medicago laciniata</i> (L.) Mill.	THEROPHYTE
<i>Medicago littoralis</i> Rohde.	FABACEAE	<i>Medicago littoralis</i> Loisel.	THEROPHYTE
<i>Medicago lupulina</i> L.	FABACEAE	<i>Medicago lupulina</i> L.	THEROPHYTE
<i>Medicago minima</i> (L.) L.	FABACEAE	<i>Medicago minima</i> (L.) L.	THEROPHYTE
<i>Trifolium angustifolium</i> L.	FABACEAE	<i>Trifolium angustifolium</i> L.	THEROPHYTE
<i>Trigonella monspeliaca</i> L.	FABACEAE	<i>Trifolium angustifolium</i> L.	THEROPHYTE
<i>Astragalus tenuifoliosus</i>	FABACEAE	<i>Astragalus tenuifoliosus</i>	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Genista microcephala</i>	FABACEAE	<i>Genista microcephala</i>	PHANEROPHYTE
<i>Coronilla minima</i>	FABACEAE	<i>Coronilla coronata</i>	CHAMEPHYTE
<i>Quercus ilex</i> L	FAGACEAE	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> (Desf.) Samp.	PHANEROPHYTE
<i>Erodium bipinnatum</i> Willd.	GERANIACEAE	<i>Erodium aethiopicum</i> (Lam.) Brumh. & Thell.	THEROPHYTE
<i>Erodium triangulare</i> Forsk Musch.	GERANIACEAE	<i>Erodium laciniatum</i> (Cav.) Willd.	THEROPHYTE
<i>Globularia alypum</i> L.	GLOBULARIACEAE	<i>Globularia alypum</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Iris sisyrynchium</i> L.	IRIDACEAE	<i>Moraea sisyrynchium</i> (L.) Ker Gawl.	GEOPHYTE
<i>Romulea bulbocodium</i> (L.) Seb et Maur.	IRIDACEAE	<i>Romulea bulbocodium</i> (L.) Sebast. & Mauri	GEOPHYTE
<i>Romulea numidica</i> Jord et Four.	IRIDACEAE	<i>Romulea numidica</i> Jord. & Fourr.	GEOPHYTE
<i>Ajuga iva</i> (L) Schreber.	LAMIACEAE	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb.	CHAMEPHYTE
<i>Marrubium supinum</i> L.	LAMIACEAE	<i>Marrubium supinum</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Salvia verbenaca</i> (L.) Briq.	LAMIACEAE	<i>Salvia verbenaca</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Sideritis incana</i> L.	LAMIACEAE	<i>Sideritis incana</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Sideritis montana</i> L.	LAMIACEAE	<i>Sideritis montana</i> L.	THEROPHYTE
<i>Teucrium polium</i> L.	LAMIACEAE	<i>Teucrium polium</i> L.	CHAMEPHYTE

<i>Thymus algeriensis</i> B et R.	LAMIACEAE	<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut.	CHAMEPHYTE
<i>Thymus ciliatus</i> Desf.	LAMIACEAE	<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>ciliatus</i> (Desf.) Greuter & Burdet.	CHAMEPHYTE
<i>Thymus guyonii</i> De noe.	LAMIACEAE	<i>Thymus guyonii</i> de Noé.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Ziziphora hispanica</i> L.	LAMIACEAE	<i>Ziziphora hispanica</i> L.	THEROPHYTE
<i>Allium cupanii</i> Raf.	LILIACEAE	<i>Allium cupanii</i> Raf.	GEOPHYTE
<i>Asparagus acutifolius</i> L	LILIACEAE	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	GEOPHYTE
<i>Gagea arvensis</i> (Pers.) Dumort.	LILIACEAE	<i>Gagea villosa</i> (M. Bieb.) Sweet	GEOPHYTE
<i>Gagea foliosa</i> (Presl.) Schult.	LILIACEAE	<i>Gagea villosa</i> (M. Bieb.) Sweet .	GEOPHYTE
<i>Muscari racemosum</i> (L.) Mill.	LILIACEAE	<i>Muscari neglectum</i> Guss. ex Ten.	GEOPHYTE
<i>Scilla peruviana</i> L.	LILIACEAE	<i>Oncostema peruviana</i> (L.) Speta	GEOPHYTE
<i>Tulpa sylvestris</i> L.	LILIACEAE	<i>Tulipa sylvestris</i> L.	GEOPHYTE
<i>Urginea undulata</i> Steinh.	LILIACEAE	<i>Drimia undata</i> Stearn.	GEOPHYTE
<i>Asparagus stipularis</i>	LILIACEAE	<i>Asparagus horridus</i>	GEOPHYTE
<i>Asparagus albus</i>	LILIACEAE	<i>Asparagus pallidus</i>	CHAMEPHYTE
<i>Linum suffruticosum</i> L.	LINACEAE	<i>Linum suffruticosum</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Linum tenue</i> Desf.	LINACEAE	<i>Linum tenue</i> Desf.	THEROPHYTE
<i>Malva aegyptiaca</i> L.	MALVACEAE	<i>Malva aegyptia</i> L.	THEROPHYTE
<i>Malva sylvestris</i> L.	MALVACEAE	<i>Malva sylvestris</i> L.	THEROPHYTE
<i>Jasminum fruticans</i> L.	OLEACEAE	<i>Chrysojasminum fruticans</i> (L.) Banfi.	PHANEROPHYTE
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	OLEACEAE	<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Olea europaea</i>	OLEACEAE	<i>Olea europaea</i>	PHANEROPHYTE
<i>Jasminum fruticans</i>	OLEACEAE	<i>Jasminum mariae</i>	PHANEROPHYTE
<i>Papaver rhoeas</i>	PAPAVERACEAE	<i>Papaver robubiae</i>	THEROPHYTE
<i>Herniaria hirsuta</i> L.	PARONYCHIOIDEAE	<i>Herniaria hirsuta</i> L.	THEROPHYTE
<i>Loeflingia hispanica</i> L.	PARONYCHIOIDEAE	<i>Loeflingia hispanica</i> L.	THEROPHYTE
<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	PARONYCHIOIDEAE	<i>Paronychia arabica</i> (L.) DC.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Paronychia argentea</i> (Poir.) Lamk.	PARONYCHIOIDEAE	<i>Paronychia argentea</i> Lam.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Paronychia capitata</i> (L.) Lamk.	PARONYCHIOIDEAE	<i>Paronychia capitata</i> (L.) Lam.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Telephium imperati</i> L.	PARONYCHIOIDEAE	<i>Telephium imperati</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Herniaria mauritanica</i>	PARONYCHIOIDEAE	<i>Herniaria mauritanica</i>	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	PINACEAE	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	PHANEROPHYTE
<i>Plantago albicans</i> L.	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago albicans</i> L.	THEROPHYTE
<i>Plantago lagopus</i> L.	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago lagopus</i> L.	THEROPHYTE
<i>Plantago ovata</i> Forsk.	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago ovata</i> Forssk.	THEROPHYTE
<i>Plantago psyllium</i> L	PLANTAGINACEAE	<i>Plantago arenaria</i> Waldst. & Kit.	THEROPHYTE
<i>Aegilops triuncialis</i> L.	POACEAE	<i>Aegilops triuncialis</i> L.	THEROPHYTE
<i>Ammochloa pungens</i> (Schreb) Bois.	POACEAE	<i>Ammochloa pungens</i> (Schreb.) Boiss.	THEROPHYTE
<i>Avena bromoides</i> Gouan.	POACEAE	<i>Helictochloa bromoides</i> (Gouan) Romero Zarco.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Brachypodium distachyum</i> (L.) P . B.	POACEAE	<i>Brachypodium distachyum</i> (L.) P. Beauv.	THEROPHYTE
<i>Bromus rubens</i> L.	POACEAE	<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski	THEROPHYTE
<i>Catapodium tenellum</i> (L.) Trab.	POACEAE	<i>Micropyrum tenellum</i> (L.) Link .	THEROPHYTE
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	POACEAE	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	CHAMEPHYTE
<i>Ctenopsis pectinella</i> (Del.) De Not.	POACEAE	<i>Ctenopsis pectinella</i> (Delile) De Not.	THEROPHYTE
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	POACEAE	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	GEOPHYTE
<i>Cynosurus elegans</i> Desf.	POACEAE	<i>Cynosurus elegans</i> Desf.	THEROPHYTE

<i>Dactylis glomerata</i> L.	POACEAE	<i>Dactylis glomerata</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.	POACEAE	<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.	THEROPHYTE
<i>Elymus caput-medusae</i> L.	POACEAE	<i>Taeniatherum caput-medusae</i> (L.) Nevski.	THEROPHYTE
<i>Lagurus ovatus</i> L.	POACEAE	<i>Lagurus ovatus</i> L.	THEROPHYTE
<i>Lolium rigidum</i> Gand.	POACEAE	<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	THEROPHYTE
<i>Lygeum spartum</i> L.	POACEAE	<i>Lygeum spartum</i> L.	GEOPHYTE
<i>Poa bulbosa</i> L.	POACEAE	<i>Poa bulbosa</i> L.	GEOPHYTE
<i>Schismus barbatus</i> (L.) Thell.	POACEAE	<i>Schismus barbatus</i> (Loefl. ex L.) Thell.	THEROPHYTE
<i>Stipa barbata</i> Desf.	POACEAE	<i>Stipa barbata</i> Desf.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Stipa parviflora</i> Desf.	POACEAE	<i>Stipellula parviflora</i> (Desf.) Röser & Hamasha.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Stipa retorta</i> Cav.	POACEAE	<i>Stipellula capensis</i> (Thunb.) Röser & Hamasha	THEROPHYTE
<i>Stipa tenacissima</i> L.	POACEAE	<i>Macrochloa tenacissima</i> (L.) Kunth.	GEOPHYTE
<i>Wangenheimia lima</i> (L.) Trin.	POACEAE	<i>Wangenheimia lima</i> (L.) Trin.	THEROPHYTE
<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	POLYGONACEAE	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	THEROPHYTE
<i>Asplenium ceterach</i> L.	POLYPODIACEAE	<i>Asplenium ceterach</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Androsace maxima</i> L.	PRIMULACEAE	<i>Androsace maxima</i> L.	THEROPHYTE
<i>Asterolinum linom-stellat</i> (L.) Duby	PRIMULACEAE	<i>Lysimachia linum-stellatum</i> L.	THEROPHYTE
<i>Coris monspeliensis</i>	PRIMULACEAE	<i>Coris monspeliensis</i>	CHAMEPHYTE
<i>Cytinus hypocistis</i> L.	RAFFLESACEAE	<i>Cytinus hypocistis</i> (L.) L.	THEROPHYTE
<i>Delphinium balansae</i> Boiss et Reut.	RENONCULACEAE	<i>Delphinium balansae</i> Boiss. & Reut.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Delphinium pubescens</i> DC.	RENONCULACEAE	<i>Delphinium pubescens</i> DC.	THEROPHYTE
<i>Ranunculus repens</i> L.	RENONCULACEAE	<i>Ranunculus repens</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Reseda alba</i> L.	RESEDACEAE	<i>Reseda alba</i> L.	THEROPHYTE
<i>Rhamnus lycioides</i> L.	RHAMNACEAE	<i>Rhamnus lycioides</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Rosa canina</i> L.	ROSACEAE	<i>Rosa canina</i> L.	PHANEROPHYTE
<i>Crucianella patula</i> L.	RUBIACEAE	<i>Crucianella patula</i> L.	THEROPHYTE
<i>Galium mollugo</i> L.	RUBIACEAE	<i>Galium mollugo</i> L.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Haplophyllum linifolium</i> Juss.	RUTACEAE	<i>Haplophyllum linifolium</i> (L.) G. Don.	HEMICRYPTOPHYTE
<i>Linaria simplex</i> DC.	SCROFULARIACEAE	<i>Linaria simplex</i> Willd. ex Desf.	THEROPHYTE
<i>Thymelaea virgata</i> Desf.	THYMELAEACEAE	<i>Thymelaea virgata</i> (Desf.) Endl.	CHAMEPHYTE
<i>Valerianella carinata</i> Lois.	VALERIANACEAE	<i>Valerianella locusta</i> f. <i>carinata</i> (Loisel.) Devesa.	THEROPHYTE

دراسة تأثير العوامل الداخلية والخارجية على التجدد الطبيعي للعرعر الفينيقي *Juniperus phoenicea* L., 1753 في المناطق الشبه قاحلة، الجلفة، الجزائر.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد العوامل الرئيسية المؤثرة على التجدد الطبيعي لشجرة العرعر الفينيقي في المنطقة شبه الجافة الواقع في منطقة الجلفة وسط الأطلس الصحراوي). الجزائر. تم أخذ 100 عينة دائرية بمساحة 400 م² لكل منها، ضمن عشر محطات كبيرة ومتجانسة باستخدام طريقة أخذ العينات المختلطة (العينة الطبقيّة والعينة المنهجية). في كل عينة تم قياس متغيرات القياس الغابي التالية (الارتفاع الكلي، الارتفاع السائد، الكثافة، ومساحة التاج التراكمية)، ومن تم ربطها بخصائص الموقع (كالارتفاع والواجهة الجبلية و الانحدار ، طبيعة التربة والطبغرافيا) هذا بالإضافة إلى سمات نبتة الغطاء النباتي الغابي مثل الأنواع النباتية السائدة. أبرز تحليل البيانات أن تجمعات العرعر الفينيقي في الأطلس الصحراوي توجد في ثلاثة "أنواع بيئية" متباينة: تجمعات متنسعة، تجمعات مكتفية ذاتياً، وتجمعات متراجعة. وهكذا، أظهرت تحليل البيانات الديموغرافية باستخدام جداول الحياة للعرعر أن التجديد الطبيعي يمكن أن يبقى جيداً إلى أجل. كما للعرعر أن ينمو في الضوء الكامل وفي الظل، والتسهيل من طرف الأشجار الحاضنة ليس الآلية الرئيسية لتجديده. تستخدم تجمعات العرعر المنحدرات السفلية والجانب الظليل من الجبل كملاذات مناخية حيث تستفيد من إمدادات المياه. وأيضاً، أظهرت القياسات الغابية أن تجدد أشجار العرعر يتناقص مع اتساع سمات العشرة لا سيما الارتفاع السائد، ومساحة إسقاط التاج. و يزداد بشكل متناسب مع متوسط الارتفاع الكلي ومساحة التاج السائد، وهذا ما يؤكد خاصية هذا النوع النباتي المحبة للضوء. تمت ملاحظة أقصى كثافة تجديدية للعرعر في المواقع التي تتراوح نسبة تغطية تاجها الشجري بين 16% و 20% وكثافة تتراوح بين 100 إلى 115 شجرة/هكتار. فيما يخص التأثيرات الإيكولوجية بما في ذلك ديناميكية وبنية مجموعات على تجدد العرعر الفينيقي التي تشير إليها الأنواع السائدة، تُظهر أن أفضل تجدد للعرعر الفينيقي يتوافق مع الصنوبر الحلبي وعشائر العرعر النقية. بفضل الانتشار المسهل بواسطة الحيوانات، يظهر نبات العرعر الفينيقي كنوع يتمتع بحركية زمانية ومكانية لتوطن في أراضي جديدة أكثر ملاءمة للتغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية: العرعر الفينيقي؛ التجديد الطبيعي؛ الأطلس الصحراوي؛ شبه الجاف؛ الجلفة.

Etude de l'impact des facteurs intrinsèques et extrinsèques sur la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea* L., 1753, dans le semi-aride (Djelfa ; Algérie)

Résumé

La présente étude a pour objectif la mise en évidence des facteurs prépondérants influençant la régénération naturelle de *Juniperus phoenicea* L. dans la zone semi-aride de la région de Djelfa située l'Atlas saharien central, situé dans (Algérie). À partir de dix grandes stations homogènes retenues, 100 placettes d'observation temporaires, au total, de 400 m² chacune ont été prospectées selon un échantillonnage mixte (stratifié et systématique). Sur chaque placette, des variables dendrométriques ont été mesurées (hauteur totale, hauteur dominante, densité et surface cumulée des houppiers), auxquelles ont été associées des caractéristiques d'ordre stationnel (altitude, exposition, pente, lithologie), et d'autres facteurs tributaires de la structure de la végétation (première et deuxième espèce dominante, recouvrement global, recouvrement par strate, éléments de la surface du sol). L'analyse des données a mis en évidence, chez les populations *J. phoenicea*, trois "types écologiques" contrastés ; Les populations en extension, les populations auto-suffisantes et les populations en déclin. Ainsi, l'Analyse des données démographiques par la table statique de survie a montré que le renouvellement naturel pouvait être maintenu et que la taille de la population reste à un certain moment à l'avenir. Le genévrier rouge peut se développer aussi bien en plein lumière qu'à l'ombre, et la facilitation n'est pas le mécanisme principal de sa régénération.

Les populations de genévrier rouge utilisent les bas versants et l'ubac du Djebel comme refuges climatiques dans lesquelles elles bénéficient d'un apport hydrique. La régénération est diminuée avec l'ampleur des attributs du peuplement, notamment la densité des peuplements, la hauteur dominante et la surface de projection des houppiers ; elle est augmentée proportionnellement avec la hauteur totale moyenne, la surface de projection des houppiers dominante qui réaffirme son caractère héliophile. La densité de régénération maximale de genévrier rouge a été observée chez les peuplements où la couverture de la canopée est modérée entre 16% et 20 % et une densité de semenciers comprise entre 100 à 115 arbres/ha. L'ambiance écologique, y compris la dynamique et la structuration indiquées par les espèces dominantes, montrent que la meilleure régénération du *Juniperus phoenicea* correspond aux groupements à *Pin d'alep* et à juniperaies pures. Grâce à l'endozoochorie, le *Juniperus phoenicea* apparaît comme une espèce ayant une mobilité spatio-temporelle pour conquérir de nouveaux territoires plus adéquats aux changements globaux.

Mots-clés : *Juniperus phoenicea*, Régénération naturelle, Atlas saharien, Semi-aride, Djelfa.

Study on the Impact of Intrinsic and Extrinsic Factors on the Natural Regeneration of *Juniperus phoenicea* L., 1753, in Semi-arid (Djelfa; Algeria)

Abstract

The present study aims to highlight the predominant factors influencing the natural regeneration of *Juniperus phoenicea* L. in zone of the Djelfa region, located in the semi-arid (the central Saharan Atlas .Algeria). Based on ten selected homogeneous major stations, a total of 100 temporary observation plots of 400 m² each were surveyed using a mixed sampling method (stratified and systematic). On each plot, dendrometric variables were measured (total height, dominant height, density, and cumulative crown area), to which station-related characteristics (altitude, exposure, slope, lithology) and other factors attributing to the structure of the vegetation (first and second dominant species, overall coverage, coverage by layer, surface soil elements) were associated. The data analysis highlighted that the *J. phoenicea* populations are found in three contrasting "ecological types": expanding populations, self-sufficient populations, and declining populations. Thus, the analysis of demographic data using static life tables showed that natural renewal could be maintained and that the population size could remain at a certain point in the future. The red juniper can grow both in full light and in the shade, and facilitation is not the main mechanism of its regeneration. The populations of red juniper use the lower slopes and the shady side of the Djebel as climatic refuges where they benefit from a water supply. The regeneration of red juniper is diminished with the extent of the stand attributes, notably stand density, dominant height, and crown projection area. It is increased proportionally with average total height and dominant crown projection area, which reaffirms its heliophilous character. The maximum regeneration density of red juniper was observed in stands where the canopy cover is moderate between 16% and 20% and a seedling density ranging from 100 to 115 trees/ha. The ecological ambiance, including the dynamics and structuring indicated by the dominant species, shows that the best regeneration of *Juniperus phoenicea* corresponds to Aleppo pine stands and pure juniper groves. Thanks to endozoochory, *Juniperus phoenicea* appears as a species with spatiotemporal mobility to conquer new territories more suitable for global changes.

Keywords: *Juniperus phoenicea* ; Natural regeneration; Saharan Atlas ; Semi-arid ; Djelfa.