

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE SAAD DHLEB-BLIDA 1



Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département de Biotechnologie et Agro-Ecologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme master dans le domaine SNV

Filière Science Agronomique.

Spécialité : Sciences Forestières

Thème

Analyse et préservation

Du *Pinus nigra ssp. mauretunica*

Réalisé par :

- *SEDDIK Fatma Zohra*
- *NEMDILE Ouacila*

Devant le jury :

Nom	Grade	Lieu	Qualité
Mr OUELMOUHOUUB Samir	MCB	USDB1	Président
Mme LEMITI Salima	MCB	USDB1	Examinatrice
Mr AKLI Adel	MAA	USDB1	Encadreur

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude aux **membres du jury** pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail. Leur présence, leurs remarques et leurs conseils constitueront pour nous une source précieuse d'enrichissement.

Nos sincères remerciements s'adressent ensuite à notre **encadreur, Monsieur Akli Adel**, pour sa disponibilité, ses orientations pertinentes, sa patience et ses précieux conseils qui ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également **l'ensemble des enseignants de la spécialité des sciences forestières** pour la qualité de leur enseignement, leur accompagnement et leur dévouement tout au long de notre parcours universitaire.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à **Dieu Tout-Puissant** de nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail et atteindre cette étape importante.

Enfin, nous adressons nos remerciements à **toutes les personnes** qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et à la réussite de ce modeste travail.

Merci à tous

Dédicaces

Tout d'abord, nous remercions Dieu, notre Créateur, qui nous a accordé la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail collectif avec succès.

Je me remercie également, pour ma persévérance, ma patience, et pour chaque instant où j'ai choisi de continuer plutôt que d'abandonner.

Je dédie ce travail :

À ma mère, Hayat, source de tendresse, de sagesse et de sérénité, qui a toujours été la lumière guidant mon chemin vers le savoir et la réussite.

À mon père, Mohammed, pour ses sacrifices, ses précieux conseils et son soutien constant.

À mes frères et sœurs : Hajar et ses enfants Abdelalim, Jawad et Maria, mon frère Aboubakr, et Sabrina, pour leur amour, leur encouragement et leur présence, qui m'ont soutenu aussi bien dans les moments difficiles que dans ceux de succès.

Et à ma camarade d'université, Ouacila, qui a été une compagne précieuse dans ce parcours, par son soutien, son sourire et sa présence rassurante qui a tant allégé le poids de cette aventure.

Fatima Zohra

Dédicaces

Tout d'abord, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant, qui m'a accordé la force, la patience et la détermination nécessaires pour atteindre ce moment tant rêvé.

Je me remercie aussi, pour chaque instant où j'ai défié la fatigue, et pour chaque fois où j'ai choisi de continuer plutôt que d'abandonner.

Je dédie ce travail :

À ma chère mère, source d'amour et de sécurité, mon premier soutien à chaque étape.

À mon cher père, qui m'a appris le sens des responsabilités et m'a offert assez de soutien pour affronter toutes les difficultés.

À mes frères et sœurs, Walid et Selina, vous êtes la joie de mon cœur, ma source d'énergie et mes compagnons de vie.

À mes chères tantes, Radia et Rania, pour leur amour et leurs paroles qui semaient en moi l'espoir.

Et à ma précieuse amie Fatima, compagne de route et d'âme, toujours présente à mes côtés par ses mots, son sourire et son soutien sincère.

Ouacila

Liste des Abréviation

Acronymes

PND	Parc National du Djurdjura
PN	Pin noir
P. nigra	Pinus nigra
ssp	Sous-espèce (subspecies)
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et L'agriculture
DGF	Direction Générale des Forets
INRF	Institut National de la Recherche Forestière
FAO	Food and Agriculture Organization
EUFORGEN	European Forest Gentic Ressources Programme

Analyse et préservation Du *Pinus nigra* ssp. *mauretanica*

Résumé

Le *Pinus nigra* subsp. *mauretanica*, conifère relique et endémique du Djurdjura (Algérie), présente une grande valeur écologique et patrimoniale, mais ses peuplements sont aujourd'hui fragmentés, vieillissants et menacés (surpâturage, incendies, absence de régénération, isolement génétique). Ce mémoire, fondé sur une synthèse bibliographique, décrit ses caractéristiques, l'état écologique actuel, les menaces pesant sur l'espèce, et les stratégies de conservation. Il conclut à une situation préoccupante et propose des mesures urgentes : protection des stations, suivi écologique, reboisement raisonné, recherche génétique, et mobilisation des communautés locales.

Mots-clés : *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* - Endémisme - Régénération naturelle - Conservation

Abstract

Pinus nigra subsp. *mauretanica*, a relict and endemic conifer of the Djurdjura Mountains (Algeria), holds significant ecological and heritage value. However, its current populations are fragmented, aging, and threatened by overgrazing, wildfires, lack of natural regeneration, and genetic isolation. This thesis, based on a bibliographic synthesis, explores the species' characteristics, its ecological status, threats, and conservation strategies. It highlights a concerning situation and recommends urgent measures: protecting natural stands, ecological monitoring, targeted reforestation, genetic research, and engaging local communities in sustainable forest management.

Keywords : *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* - Endemism - Natural regeneration – Conservation

الملخص

يُعد *Pinus nigra* تحت النوع *mauretanica* صنفاً نباتياً نادراً ومتوطناً في سلسلة جبال جرجرة بالجزائر، ويتميز بأهمية بيئية وتراثية كبيرة. غير أن تجمعاته الحالية مجزأة، مسنة، ومهددة بعوامل عديدة مثل الرعي الجائر، والحرائق المتكررة، وغياب التجدد الطبيعي، والعزلة الوراثية. يعتمد هذا البحث على دراسة بيبليوغرافية شاملة تستعرض خصائص هذا الصنوبر، حالته الإيكولوجية، التهديدات التي يواجهها، واستراتيجيات المحافظة عليه. وقد خلص إلى وضع مقلق، موصياً باتخاذ إجراءات عاجلة تشمل حماية المحطات الطبيعية، المراقبة البيئية، إعادة التشجير المدروسة، البحث الجيني، ومشاركة المجتمعات المحلية في إدارة مستدامة لهذا التراث الغابي.

الكلمات المفتاحية : *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* - النوع المتوطن - التجدد الطبيعي - المحافظة

Sommaire

Remerciements	V
Dédicaces	IV
Dédicaces	V
Liste des figures	XI
Liste des Tableau.....	XI
Liste des Abréviation	VI
Acronymes.....	VI
Résumé.....	VII
Introduction générale.....	2

CHAPITRE I

Généralité sur le pin noir

1. Historique.....	5
2. Systématique du pin noir.....	6
3. Répartition mondiale de <i>Pinus nigra</i> (pin noir d'Europe)	7
3.1. Le pin noir hors de son aire naturelle.....	9
3.2. Répartition en Algérie de <i>Pinus nigra</i> ssp. <i>Mauretanica</i>	9
4. Description morphologique des différentes parties de la plante	11
4.1. Ecorce.....	11
4.2. Les feuilles	12
4.3. Les cônes.....	13
4.4. Les graines.....	14
4.5. Bourgeons.....	15
4.6. Racines	16
5. Écologie du pin noir	18
5.1.Facteurs de répartition.....	18
5.2. Altitude et exposition	18
Facteurs anthropiques.....	18

5.3. Facteurs biotiques.....	18
5.4. Facteurs édaphique et climatique	18
5.4.1. Facteurs édaphiques (liés au sol).....	18
5.4.2. Facteurs climatiques.....	19
6. Le Cycle phénologique de <i>Pinus nigra</i>	20
7. Pratiques culturales de la plante	21
7.1. Préparation du sol.....	21
7.2. Mode de plantation.....	21
7.3. Entretien des jeunes plantations	21
7.4. Taille et éclaircie	21
7.5. Fertilisation.....	21
7.6. Protection contre les agressions	22

CHAPITRE II

Méthodologie générale

1. Démarche méthodologique	24
1.1. Recherche documentaire	24
1.2. Critères de sélection des sources	29
1.3. Méthode d'analyse	30

CHAPITRE III

Etat écologique, menaces et stratégies de préservation de *Pinus nigra ssp mauritanica*

1. Structure et typologie des peuplements du Djurdjura	33
1.1. Rôle écologique spécifique dans l'écosystème montagnard	34
2. Impacts anthropiques sur les peuplements naturels	34
2.1. Pâturage excessif et anarchique.....	34
2.2. Coupe de bois illicite.....	34
2.3. Urbanisation et pression touristique.....	34
2.4. Risques liés aux incendies récurrents.....	35
3. Effets du changement climatique sur un habitat montagnard	36
4. Fragmentation et isolement géographique	36
5. Vulnérabilité génétique d'une population relique	36

6. Études antérieures et lacunes scientifiques	37
7. Cadre juridique de protection en Algérie	37
8. Stratégie de préservation de <i>Pinus nigra</i> ssp. <i>mauretanica</i> en Algérie	38
8.1. Contexte général.....	38
8.2. Mesures de conservation <i>in situ</i> (Parc national du Djurdjura).....	38
8.2.1. Renforcement de la protection des stations naturelles	39
8.2.2. Restauration des conditions écologiques.....	39
8.2.3. Suivi écologique à long terme	39
8.2.4. Intégration au cadre légal	40
8.3. Conservation ex situ et recherches sur le matériel génétique.....	40
8.3.1. Collecte et stockage du matériel génétique	41
8.3.2. Production de plants en pépinière	42
8.3.3. Verger à graines et réintroduction.....	43
8.4. Intégration des populations locales dans la préservation	43
8.5. Valorisation patrimoniale et écotouristique	44
Conclusion générale et recommandations.....	39
Références bibliographiques	48

Liste des figures

Figure 1 : Aire de répartition du pin noir (<i>Pinus nigra</i> Arnold) et ses différentes sous- espèces en région méditerranéenne (EUFORGEN, 2009).	8
Figure 2: Situation géographique du PND (Badrane et Boussafeur, 2023).	10
Figure 3: Ecorce du Pin noir (MOULOUDJ & MOSTEFAI, 2023)	12
Figure 4 : Les feuilles de Pin Noir (MOULOUDJ & MOSTEFAI, 2023)	13
Figure 5: Cône de pin noir - <i>Pinus nigra</i> Arn (Originale, 2025).	14
Figure 6: Graines de pin noir (Originale, 2025)	15
Figure 7: Bourgeons de pin (Alamy, 2011)	15
Figure 8: Racine de pins (stime, 2000)	16
Figure 9: Le pin noir du Djurdjura (Hedjam, 2019).	17
Figure 10: pin noir dans la neige (Freepik, 2010-2025)	20
Figure 11: Arbre du Pin noir ssp <i>mauetanica</i> (MOULOUDJ & MOSTEFAI, 2023)	33
Figure 12: Incendie à Tikedjda (Watan-DZ, 2022)	35
Figure 13: Pin noir planté en 2014 à Tala-rana (Djema, 2017)	41

Liste des Tableau

Tableau 1: Zones précises de présence (stations naturelles)	11
---	----

Introduction générale

Introduction générale

Les forêts méditerranéennes constituent l'un des écosystèmes les plus riches en biodiversité mais également parmi les plus fragiles, en raison de la pression croissante des activités humaines et des effets du changement climatique. Parmi les essences endémiques d'intérêt écologique et patrimonial majeur figure le *Pinus nigra ssp. Mauretanica* M, une sous-espèce du pins noir, considérée comme une relique endémique strictement nord-africaine, présente exclusivement dans deux zones montagneuses disjointes du Maghreb : le massif du Djurdjura en Algérie et le Rif occidental au Maroc (Quézel, 2003 ; EUFORGEN, 2003).

Cette entité botanique rare représente l'un des témoins les plus remarquables des forêts de conifères relique postglaciaires du nord de l'Afrique (Quézel, 2003 ; Farjon, 2010). En Algérie, ses peuplements sont extrêmement fragmentés et limités à quelques stations d'altitude (entre 1 400 et 2 200 m), principalement au sein du Parc National du Djurdjura (INRF, 2001 ; Asmani, 1993). Cette sous-espèce se distingue par une morphologie spécifique et une adaptation marquée aux conditions climatiques montagnardes.

Cependant, elle fait face à de multiples menaces : faible effectif, absence de régénération naturelle, pressions anthropiques, fréquence accrue des incendies et changement climatique (Djema et al., 2017 ; EUFORGEN, 2003).

Face à cette situation préoccupante, il devient impératif de réaliser un diagnostic approfondi, même bibliographique, de l'état actuel de l'espèce afin de proposer des mesures de conservation adaptées. Ce travail s'inscrit dans cette optique. Il vise à rassembler, analyser et synthétiser les connaissances existantes sur le *Pinus nigra ssp. Mauretanica* à travers une revue bibliographique approfondie, en vue d'identifier les facteurs de vulnérabilité des peuplements et de formuler des propositions concrètes pour leur préservation durable. Pour ce faire nous avons fixé les objectifs suivant :

- Analyser l'état actuel des peuplements de *Pinus nigra ssp. mauretanica* à travers les données disponibles dans la littérature.
- Identifier les principales menaces qui pèsent sur l'espèce.
- Proposer des stratégies de gestion durable et de conservation *in situ* et *ex situ*.

C'est ainsi et dans ce contexte que notre présente étude qui est élaborée sur la base d'une étude bibliographique sur l'analyse et la préservation du *Pinus nigra ssp. Mauretanica* s'articule autour de trois chapitres qui se présentent comme suit : les données générales sur *Pinus nigra*

Introduction générale

ssp. Mauretanica pour le premier chapitre, la méthodologie générale pour le deuxième chapitre, l'état écologique, menaces et stratégies de préservation de *Pinus nigra ssp. Mauretanica* pour le troisième chapitre. Enfin nous terminons par des recommandations et une conclusion générale.

CHAPITRE I

Généralité sur le pin noir

1. Historique

L'histoire scientifique de *Pinus nigra subsp. Mauretanica*, appelé communément pin noir du Djurdjura, remonte aux travaux du botaniste français René Maire, qui fut le premier à décrire cette entité végétale en 1924, la considérant alors comme une simple variété locale du pin noir européen, sous le nom de *Pinus nigra var. mauretanica*. Cette description figurait dans ses contributions à la flore forestière de l'Afrique du Nord. Toutefois, après des études plus approfondies sur ses caractères morphologiques et écologiques, Maire réévalua son statut en 1927 et l'élève au rang de sous-espèce, reconnaissant ainsi sa singularité taxonomique et son endémisme au massif du Djurdjura, en Kabylie. Cette reconnaissance en tant que sous-espèce reflète l'importance écologique et évolutive de cette population relique, isolée des autres formes européennes de *Pinus nigra* (Farjon, 2010).

Selon Asmani (1993), la sous-espèce aurait survécu aux grandes phases climatiques arides du Quaternaire dans des refuges écologiques du Djurdjura, notamment dans les versants nord humides entre 1 400 et 2 200 m d'altitude. Ces peuplements ont longtemps été ignorés ou considérés comme marginalement naturels jusqu'aux années 1980. À partir de cette période, plusieurs études biosystématiques et écologiques (Adjaoud & Aidrous, 1992 ; Asmani, 1993 ; Abdelli & Moali, 1996) ont révélé la singularité génétique et écologique de ce taxon, ainsi que son extrême vulnérabilité. Ces travaux ont permis de localiser les populations principales dans les zones de Tigounatine, Tikjda, Azrou N'Thor, et Tamgout, à l'intérieur du Parc National du Djurdjura.

L'INRF (2001), dans le cadre du plan d'aménagement du Parc National du Djurdjura, a confirmé la distribution très limitée et fragmentée du *P subsp. mauretanica*, avec une population estimée à moins de 500 individus répartis sur moins de 100 hectares.

Depuis les années 2000, ce taxon est reconnu comme une priorité de conservation forestière, tant en Algérie que dans les programmes euro-méditerranéens. Il est intégré aux directives techniques de conservation *ex situ* et *in situ* du programme EUFORGEN (2003), et figure parmi les espèces prioritaires dans les rapports de la FAO (Asmani, communication au réseau méditerranéen FAO, citée par Djema et al., 2017).

Des tentatives de plantation de *P. nigra mauretanica* en dehors de son aire naturelle ont été initiées au cours du XXe siècle. Bien que les documents coloniaux ne précisent pas formellement la sous-espèce utilisée, des mémoires récents et documents officiels algériens apportent des éléments vérifiables : Selon Adem (2017), des peuplements de *Pinus nigra*

présents dans le Parc National de Chréa pourraient être issus de plantations anciennes utilisant la sous-espèce *mauretanica* à titre comparatif ou conservatoire.

Djema et al. (2017) confirment explicitement que *P. nigra mauretanica* a été introduit dans les parcs nationaux de Chréa et de Theniet El Had, dans le cadre d'actions de conservation ex situ appuyées par les autorités forestières (DGF, INRF).

Le Plan d'aménagement du Parc National du Djurdjura (INRF, 2001) mentionne la récolte de semences de *mauretanica* à Tigounatine, destinées à être multipliées en pépinières forestières de Blida et Tizi-Ouzou, suggérant une probable utilisation pour reboisement dans les stations comme El Merdja. Ces reboisements avaient pour but : de tester l'adaptabilité de la sous-espèce en dehors de son aire naturelle (Chréa : climat humide, altitude modérée), de constituer des populations ex situ en cas d'érosion génétique ou de disparition des peuplements originels, et de renforcer la résilience écologique des milieux forestiers montagneux face aux changements climatiques. Cependant, les données de suivi sont rares, et la survie des individus plantés n'a pas fait l'objet d'un suivi scientifique détaillé.

2. Systématique du pin noir

La classification systématique permet de situer une espèce végétale dans l'arborescence hiérarchique du vivant selon ses caractéristiques morphologiques, anatomiques, physiologiques et génétiques. *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* (Maire), est une sous-espèce du pin noir (*Pinus nigra* Arn.), une espèce largement répandue dans le bassin méditerranéen, comme toutes les espèces appartenant au genre *Pinus*, relève du règne végétal (Plantae) et plus précisément des gymnospermes, un groupe de plantes à graines nues, dépourvues de fruits.

Classification du pin noir selon Christenhusz (2011) :

Rang taxonomique	Dénomination
Règne	<i>Plantae (plantes)</i>
Embranchement	<i>Tracheophyta (plantes vasculaires)</i>
Classe	<i>Pinopsida (conifères)</i>
Ordre	<i>Pinales</i>
Famille	<i>Pinaceae</i>
Genre	<i>Pinus L.</i>
Sous-genre	<i>Pinus subg. Pinus (aiguilles dures)</i>
Section	<i>Pinus sect. Pinus</i>
Espèce	<i>Pinus nigra J.F. Arnold (1837)</i>
Sous-espèce	<i>Pinus nigra subsp. mauretanica (Maire & Peyerimhoff) Schwarz (1939)</i>

Farjon (2010) reconnaît *Pinus nigra subsp. mauretanica* comme une sous-espèce distincte, endémique au nord de l'Algérie (Djurdjura) et au Rif occidental (Maroc), sur base de caractères morphologiques et géographiques.

Selon Quézel (2003), *P. nigra mauretanica* se distingue des autres sous-espèces par :

- Des aiguilles plus longues (jusqu'à 18 cm), souvent torsadées, par paires ;
- Des cônes ovoïdes, plus clairs et plus petits ;
- Une forme de houppier conique chez les jeunes sujets et un tronc souvent très droit ;
- Une adaptation aux stations calcaires d'altitude entre 1 400 et 2 200 m

3. Répartition mondiale de *Pinus nigra* (pin noir d'Europe)

Sous le vocable *P. nigra Arn*, sont réunis divers pins, dont l'ensemble occupe une aire très vaste dans le bassin méditerranéen. Il constitue une des essences majeures des forêts méditerranéennes où il occupe environ 3 500 000 ha. Les peuplements sont d'une étendue très variable, de quelques ha (Algérie) à plusieurs milliers (Espagne) (Quezel et Medail, 2003).

Le pin noir est présent dans 13 pays répartis dans 3 continents (Europe, Asie, Afrique). S'étend des Pyrénées à l'ouest, jusqu'en Crimée et en Asie Mineure à l'est, de l'Autriche au nord jusqu'en Algérie et au Maroc au sud (Quezel et Medail, 2003).

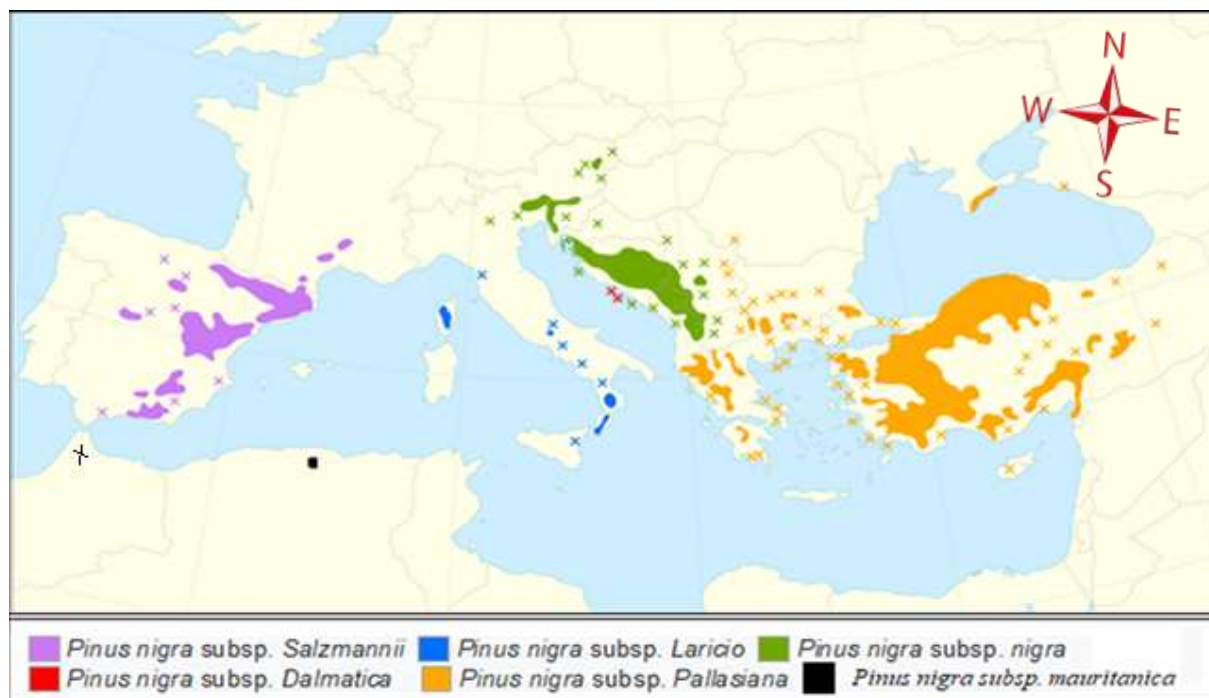


Figure 1 : Aire de répartition du pin noir (*Pinus nigra* Arnold) et ses différentes sous- espèces en région méditerranéenne (EUFORGEN, 2009).

D'après Quezel (1980), la répartition biogéographique selon les sous espèces est comme suit :

- ❖ ***Pinus nigra salzmannii*** (Dunal) couvre de vastes zones en Espagne (plus de 350 000 ha). Il est aussi présent dans quelques populations isolées dans les Pyrénées et les Cévennes en France. Il est parfois appelé pin des Pyrénées.
- ❖ ***Pinus nigra laricio*** (Poiret) se trouve en Corse (pin laricio de Corse) sur plus de 22 000 ha, en Calabre (où il est également reconnu sous le nom de *P.nigra calabrica*, le pin laricio de Calabre) et en Sicile.
- ❖ ***Pinus nigra nigra*** (le pin noir d'Autriche) est présent depuis les Apennins en Italie jusqu'au Nord de la Grèce à travers les Alpes Juliennes et les montagnes des Balkans, couvrant plus de 800 000 ha.
- ❖ ***Pinus nigra dalmatica*** (Vis.), le pin dalmate, se trouve sur quelques îles au large des côtes de Croatie et sur le versant sud des Alpes Dinariques.
- ❖ ***Pinus nigra pallasiana*** (Lamb.) couvre de vastes zones, principalement en Grèce et en Turquie (2,5 millions d'hectares, soit 8 % de la superficie forestière turque) et, vers

l'Ouest, probablement jusqu'à la Bulgarie. Il est également présent à Chypre et en Crimée. Il est parfois appelé pin de Crimée.

- ❖ ***Pinus nigra ssp. mauretanica*** (Maire) Espèce endémique rare localisée principalement dans le **massif du Djurdjura**, occupant actuellement une **superficie d'environ 120 hectares**.

On dénombre au moins une centaine d'individus dans cette zone, et selon **Asmani (1993)**, le nombre d'individus est proche de **500 arbres**.

La sous-espèce *Pinus nigra subsp. mauretanica* (Maire & Peyerimhoff) Schwarz est strictement endémique à deux régions du Maghreb occidental : le massif du Djurdjura en Algérie et certaines zones du Rif au nord du Maroc.

3.1. Le pin noir hors de son aire naturelle

Les qualités rustique, économique et esthétique du Pin noir ont fait de cet arbre une espèce de prédilection pour les reboiseurs, notamment en Europe (Adjaoud, 2005). En effet, dans le cours du développement de la Sylviculture artificielle, *P. nigra* s'est révélé depuis le début du XIXe siècle comme l'une des principales essences de reboisement en Europe.

Ce Pin est largement utilisé dans tous les pays de l'Europe moyenne et méridionale pour des reboisements de production et de protection. En ce qui concerne la France, il a constitué le matériel de reboisement le plus important pour la reforestation, souvent dans des conditions difficiles, dans les Alpes méridionales, les plateaux et les coteaux de l'Est, la bordure calcaire du Sud du massif central. Une utilisation analogue est faite en Italie, en Autriche, en Yougoslavie, en Bulgarie, en Hongrie et en Grèce. En fait, c'est l'utilisation intensive du Pin noir en reboisement, au fur et à mesure qu'augmentait l'expérience pratique acquise, qui a attiré l'attention sur les différences, du point de vue sylvicole, entre les sous-espèces et variétés géographiques pourtant très proches du point de vue botanique systématique (Debazac, 1971).

3.2. Répartition en Algérie de *Pinus nigra ssp. Mauretanica*

Le *Pinus nigra subsp. mauretanica*, conifère relique et endémique d'Algérie, est aujourd'hui cantonné à quelques stations localisées dans le Parc National du Djurdjura (PND), situé dans la wilaya de Bouira et couvrant une superficie de 18 550 hectares (Bedrane et Boussafeur, 2023). Le principal peuplement se trouve à Tigounatine, entre 1 450 et 1 650 mètres d'altitude, au sein d'une cédraie montagnarde. Ce site abrite environ 400 individus, certains centenaires, représentant la population la plus importante connue à ce jour (Hedjam, 2019). D'autres

peuplements plus dispersés sont observés à Tikjda Centre et Tala-Rana, toujours dans les limites du parc. Les coordonnées géographiques précises de ces stations sont les suivantes :

- Tigounatine : 36°28'25"N, 4°07'29"E
- Tikjda Centre : 36°27'40"N, 4°08'47"E
- Tala-Rana : 36°25'50"N, 4°12'15"E

Ces peuplements se caractérisent par une distribution très restreinte et une grande sensibilité écologique, notamment en raison des conditions édaphiques et climatiques particulières à la haute montagne du Djurdjura (Bedrane et Boussafeur, 2023).

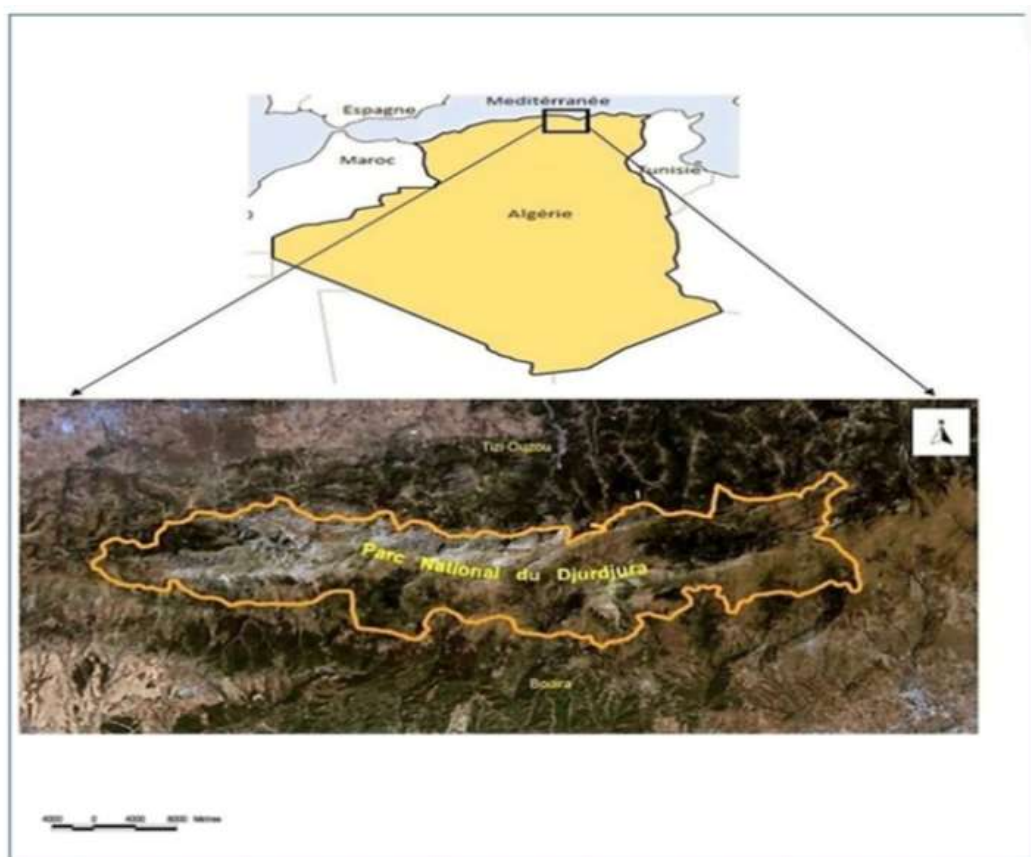


Figure 2: Situation géographique du PND (Badrane et Boussafeur, 2023).

Tableau 1: Zones précises de présence (stations naturelles)

Localité	Wilaya	Altitude (m)	Particularités
Forêt de Tikjda	Bouira	1 500 – 2 100	Coteaux calcaires, versants nord du L'alla Khadîdja
Tala Guilef	Bouira	1 700 – 2 000	Sols dolomitiques, climat montagnard
Aït Ouabane	Tizi Ouzou	1 600 – 1 900	Forêts ouvertes, pentes raides
Iferhounène	Tizi Ouzou	1 500 – 1 800	Petits peuplements fragmentés
Bouzeguène et Tamgout	Tizi Ouzou	> 1 400	Zones relictuelle isolées

Source : INRF (2021)

Les peuplements de *Pinus nigra mauretanica* (Bouzeguène) dans cette région sont naturels, bien que très relictuels et fortement fragmentés. Ce sont des stations secondaires par rapport aux grands peuplements de Tikjda ou Tala Guilef, situées sur des versants escarpés, difficiles d'accès. Ces peuplements ont été décrits comme naturels, mais très vulnérables, avec une régénération naturelle quasi absente. Alors que les peuplements présents à Iferhounène sont en grande partie issus de reboisements anciens, notamment ceux réalisés pendant la période coloniale (années 1930–1950). Cependant, quelques noyaux naturels subsistent dans les zones peu accessibles. Les reboisements visaient à renforcer les populations naturelles déclinantes, mais ils ont souvent été mal suivis et montrent une structure forestière artificielle (peu de régénération, homogénéité) (INRF, 2021).

Selon Asmani (1993), rapporte que des reboisements de pin noir ont été réalisés depuis le début des années trente dans différentes stations : Tala-Rana, Meurdja, Chrêa et Tala-Guillef.

4. Description morphologique des différentes parties de la plante

4.1. Ecorce

La distinction morphologique entre les espèces du genre *Pinus* s'avère souvent délicate en raison de leur grande variabilité. Si les formes extrêmes présentent des caractères nettement identifiables, une large zone intermédiaire demeure difficile à classifier de manière précise.

Parmi les critères morphologiques les plus représentatifs de l'espèce *Pinus nigra* comparés à ceux de la sous-espèce *mauretanica*, plusieurs différences peuvent être relevées :

L'espèce type, *Pinus nigra* Arnold, peut atteindre des hauteurs de 30 à 50 mètres, avec un tronc droit recouvert d'une écorce gris clair à brun foncé. Celle-ci, initialement écailleuse chez les jeunes arbres, devient crevassée et forme des plaques à l'âge adulte (Isajev et al. 2003).

La sous-espèce *mauretanica* présente généralement une hauteur comprise entre 20 et 30 mètres, pouvant exceptionnellement atteindre 45 mètres, avec un diamètre de tronc allant jusqu'à 1,8 m (Asmani, 1993). Son écorce est plus sombre, épaisse, et composée de plaques grisâtres bien marquées (Chalabi, 1980).



Figure 3: Ecorce du Pin noir (MOULOUDJ & MOSTEFAL, 2023)

Située entre l'écorce externe et le cœur du bois, l'aubier représente la partie jeune, vivante et blanchâtre du tronc, par laquelle circulent d'importants flux d'eau et de nutriments. L'écorce permet ainsi de préserver l'aubier du dessèchement assurant la survie de l'arbre en période de stress hydrique ou de chaleur extrême (Farjon, 2010).

Par ailleurs, bien que l'écorce constitue une barrière protectrice, elle comporte néanmoins de petites ouvertures spécialisées appelées lenticelles. Ces structures assurent les échanges gazeux entre les tissus internes et l'environnement extérieur. Les lenticelles sont visibles à l'œil nu sous forme de points ou de traits colorés. Chez certaines espèces comme le tremble (*Populus tremula*), elles prennent une forme losangique caractéristique bien que ce type de lenticelles ne soit pas aussi apparent chez le pin noir (Debazac, 1971).

4.2. Les feuilles

Les feuilles du pin noir, appelées aiguilles sont persistantes. C'est-à-dire qu'elles restent sur l'arbre plusieurs années, généralement entre 3 à 4 ans contribuant ainsi à l'aspect dense et vert

sombre de la couronne. Elles sont disposées par paires dans des gainettes basales (faisceaux de deux), une caractéristique typique des pins du sous-genre *Pinus*.



Figure 4 : Les feuilles de Pin Noir (MOULOUDJ & MOSTEFAL, 2023)

Les aiguilles présentent une forme linéaire et aciculaire. Rigide et pointue à l'extrémité. Leur longueur varie considérablement selon la sous-espèce et les conditions environnementales, généralement entre 7,6 à 15,2 cm (3 à 6 pouces), bien que certaines références mentionnent des tailles allant de 8 à 20 cm, avec un diamètre oscillant entre 1 à 2 mm. Leur couleur va du vert jaunâtre à un vert foncé ou bleu-vert, selon les populations, l'âge des aiguilles et l'exposition au soleil. La texture des aiguilles est robuste, avec une surface parfois légèrement torsadée, mais le plus souvent droite. Cette rigidité leur confère une bonne résistance au vent et aux conditions climatiques rudes, notamment en altitude. Elles sont également recouvertes d'une fine couche de cuticule cireuse, qui limite la perte en eau par transpiration, une adaptation typique aux milieux secs ou exposés. Ainsi, la morphologie foliaire du pin noir témoigne d'une forte spécialisation écologique, en particulier dans les habitats méditerranéens ou montagnards, où l'économie en eau et la résistance mécanique sont essentielles à la survie de l'arbre (Farjon, 2010).

4.3. Les cônes

Les cônes du pin noir, souvent appelés pommes de pin, sont des fruits ligneux caractéristiques de la famille des pinacées. Chez cette espèce, les cônes mesurent généralement entre 5 et 8 cm de long, ce qui les rend relativement plus petits comparés à ceux d'autres espèces de pin comme le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), dont les cônes peuvent atteindre jusqu'à 12 cm. La couleur des cônes du pin noir varie du brun jaunâtre au brun pâle, avec une teinte plus claire que celle des cônes du Pin d'Alep, qui sont généralement d'un brun plus brillant.

Les cônes du pin noir sont courtement pétiolés c'est-à-dire que la base du cône est attachée à l'arbre par un pédoncule relativement court. Ils possèdent une forme cylindrique ou légèrement conique, et sont aigus à leur sommet. Leur écailles, disposées de manière régulière, sont rigides et plus épaisses par rapport à d'autres pins, ce qui les rend résistants aux intempéries et aux attaques d'insectes. En termes de fonctionnement reproductif, les cônes du pin noir sont unisexués et les pollen et graines sont produits en différents cônes. Les cônes mâles, plus petits, produisent du pollen, tandis que les cônes femelles, plus gros et souvent situés en hauteur, contiennent les graines. Les cônes matures prennent environ 2 ans pour se développer pleinement (Farjon, 2010).



Figure 5: Cône de pin noir - *Pinus nigra* Arn (Originale, 2025).

4.4. Les graines

Les graines du pin noir sont de petite taille, mesurant généralement entre 5 et 7 mm de long. Elles sont de couleur grise et sont équipées d'une aile qui leur permet de se disperser facilement par le vent. Cette aile mesure entre 19 et 26 mm de long, et la graine elle-même a une largeur variant de 2,80 à 3,64 mm. Les ailes sont transparentes, une caractéristique qui favorise leur légèreté et leur capacité de vol sur de longues distances.

La germination des graines de pin noir peut se produire sans stratification préalable, ce qui signifie que, dans des conditions favorables, elles peuvent germer naturellement sans traitement spécial. Cependant, dans un cadre contrôlé, comme les pépinières forestières, la technique de stratification est couramment utilisée pour améliorer les taux de germination. Cette méthode consiste à placer les graines dans un milieu humide et à une température d'environ +5°C pendant 30 à 60 jours, avant de les planter en terrain plus chaud pour favoriser leur développement.

(Lemoine, 1987). Cette stratification froide simule les conditions naturelles que les graines rencontreraient en hiver, ce qui déclenche la germination lorsque la température augmente au printemps. La capacité à germer sans stratification fait du pin noir une espèce relativement robuste, capable de s'adapter à divers types de conditions climatiques, même si la stratification reste souvent recommandée pour optimiser les taux de germination en pépinière.



Figure 6: Graines de pin noir (Originale, 2025)

4.5. Bourgeons

Les bourgeons du pin noir sont de forme ovoïde et allongée, avec une couleur caractéristique jaune orangé qui les distingue des autres parties de l'arbre. Ces bourgeons sont plus larges que le rameau sur lequel ils se trouvent, ce qui leur confère une forme relativement volumineuse par rapport aux tiges environnantes. Leur texture est résineuse, ce qui est typique des pins, contribuant à la protection des bourgeons pendant les périodes froides (Farjon, 2010).

Le bourgeon du pin noir présente un rétrécissement marqué au sommet, ce qui lui confère une forme conique ou pointue. Cette caractéristique est particulièrement visible lorsque le bourgeon



Figure 7: Bourgeons de pin (Alamy, 2011)

est observé de profil. Les écailles qui recouvrent le bourgeon sont de couleur brun pâle, offrant une teinte claire contrastant avec la couleur plus foncée des rameaux et du tronc de l'arbre. Ces écailles protègent le bourgeon, particulièrement pendant l'hiver, en isolant les tissus jeunes des intempéries et des variations climatiques extrêmes (Farjon, 2010).

4.6. Racines

Les racines du pin noir présentent un système pivotant caractéristique des pins, avec une racine principale profonde et solide qui s'étend profondément dans le sol. Ce système racinaire est conçu pour assurer la stabilité de l'arbre en fixant fermement l'arbre dans son environnement et en lui permettant d'absorber les nutriments et l'eau des couches profondes du sol, là où d'autres végétaux ne peuvent pas accéder.

Les racines du pin noir se ramifient en plusieurs racines secondaires, qui s'étendent à l'horizontale et parfois en hauteur, parfois visibles à la surface du sol. Ce phénomène de racines élevées est particulièrement marqué dans certaines zones où la structure du sol ou l'érosion a permis à ces racines de se montrer. Ces racines sont souvent visibles autour de la base de l'arbre, s'élevant légèrement au-dessus du sol, ce qui peut donner une impression de racines massives qui s'entrelacent avec le sol forestier (Farjon, 2010).



Figure 8: Racine de pins (stime, 2000)

Le système racinaire du pin noir est résistant aux conditions difficiles telles que la sécheresse ou les vents forts. En effet, les racines profondes permettent à l'arbre de résister aux conditions de faible humidité en puisant dans les couches plus profondes du sol. Ce système racinaire est

également un facteur important de la lutte contre l'érosion, en stabilisant le sol forestier et en favorisant l'absorption de l'eau.

Les racines du pin noir jouent également un rôle dans l'écosystème forestier en soutenant la biodiversité. Elles forment un habitat pour de nombreuses espèces d'invertébrés et servent de point d'ancrage pour d'autres végétaux qui peuvent se développer à proximité. Ces racines contribuent également à maintenir la structure du sol, ce qui est essentiel dans les forêts de



Figure 9: Le pin noir du Djurdjura (Hedjam, 2019).

montagne ou méditerranéennes, où le sol est souvent fragile et susceptible à l'érosion. Ainsi, le système racinaire du pin noir est non seulement crucial pour la survie de l'arbre lui-même, mais aussi pour la santé globale de l'écosystème forestier dans lequel il évolue (Farjon, 2010).

5. Écologie du pin noir

5.1. Facteurs de répartition

La répartition géographique du pin noir (*Pinus nigra*) est influencée par plusieurs facteurs écologiques et environnementaux, qui déterminent sa présence, son développement et sa capacité de régénération (Maire, 1952).

5.2. Altitude et exposition

Le pin noir en général est qualifié d'espèce montagnarde (QUEZEL, 1980), cependant certaines variétés sont localisées à basse altitude comme le pin de salzman (DEBAZAC, 1963) et celui d'Autriche entre 250 et 800 m (DEBAZAK, 1971). Le pin noir du Djurdjura est localisé dans la région de Tikjda (massif central du Djurdjura), sur roche calcaire-dolomitique, entre une altitude de 1420 m et 1610 m. Il se présente sous la forme de trois stations refuges, positionnées en un triangle et distante de 1 à 2 Km, l'une de l'autre. Ce sont les stations de Tigounatine (1450 à 1610 m d'altitude) à exposition sud-ouest à Nord ; de Taouialt (1420 et 1500 m d'altitude) à exposition sud et Tikjda (1450 à 1550 m) à exposition franchement sud (Asmani, 1993).

Facteurs anthropiques

Les activités humaines influencent aussi la répartition du pin noir. Les incendies de forêt, le surpâturage, la déforestation, l'urbanisation, ainsi que la surexploitation des ressources naturelles ont contribué à la régression de cette espèce dans plusieurs régions. De plus, la régénération naturelle est souvent compromise par la dégradation des habitats forestiers, ce qui nécessite des programmes de reboisement et de conservation (Barbero et al, 1990).

5.3. Facteurs biotiques

Les interactions avec d'autres espèces végétales et animales peuvent favoriser ou limiter la présence du pin noir. La compétition interspécifique, la présence d'herbivores (comme les ongulés), ou de parasites et d'insectes nuisibles, peuvent affecter la croissance, la reproduction et la survie des jeunes plants (Debazac, 1971).

5.4. Facteurs édaphique et climatique

5.4.1. Facteurs édaphiques (liés au sol)

Le pin noir peut s'implanter sur une grande diversité de sols, allant des sols calcaires aux sols siliceux, mais il préfère les terrains bien drainés. Il supporte mal les sols lourds et argileux ou les zones à nappe phréatique élevée, car ses racines pivotantes nécessitent de la profondeur. L'épaisseur du sol et sa richesse en nutriments influence également la vigueur de la croissance de l'espèce (Debazac, 1971).

5.4.2. Facteurs climatiques

Le pin noir est une espèce qui s'adapte bien aux climats méditerranéens et montagnards. Il tolère des températures froides en hiver, ainsi que des périodes de sécheresse estivale, ce qui explique sa présence dans les zones à forte amplitude thermique. Les précipitations annuelles idéales varient entre 500 et 1500 mm, bien réparties tout au long de l'année. La lumière est aussi un facteur limitant : le pin noir est héliophile, c'est-à-dire qu'il a besoin de beaucoup de lumière pour se développer. (Farjon, 2010).

a. Température

Selon le pin noir supporterait les températures minimales (-8°C) en méditerranée orientale par contre en méditerranée occidentale, disparaissent pour les températures minimales de l'ordre de (-5°C). La température moyenne annuelle est proche de (15°C). Les minimales étant observé en Décembre-Janvier (0° - 5°C) et les maximales (21° - 24°C) en Juillet et Aout (Farjon, 2010).

b. Pluviométrie

Parmi les facteurs écologiques majeurs influençant la répartition de la végétation, la pluviométrie occupe une place déterminante, notamment dans les régions à climat méditerranéen. Elle contribue à façonner les caractéristiques climatiques locales en fonction de plusieurs paramètres, tels que l'altitude, l'orientation des versants, la présence d'obstacles orographiques et la direction des vents dominants (Abdesslem, 1995).

Le pin noir trouve ses conditions de développement optimales dans l'étage montagnard méditerranéen, où les précipitations sont généralement abondantes (Quézel, 1980).

Dans le massif du Djurdjura, les mesures enregistrées illustrent bien cette influence. Les stations de Tigounatine et Tikjda Centre, situées à une altitude de 1515 m, présentent une pluviométrie annuelle moyenne de 1217,7 mm. La saison humide s'étend de septembre à mai, tandis que la période sèche couvre les mois de juin à août. À la station de Tala-Rana, située à 1280 m d'altitude, la pluviométrie moyenne annuelle est légèrement inférieure, avec 1067,5 mm, et suit le même régime saisonnier (Hedjam, 2019).

c. la neige

Le pin noir n'apprécie pas l'ombre et nécessite beaucoup de soleil pour bien se développer, mais il résiste aux dommages de la neige et de glace. Le bois du pin noir, semblable à celui des pins

sylvestres et pin rouge (*Pinus resinosa*), est modérément dur et présente un grain droit (Farjon, 2010).

d. le vent

Planter un pin noir d'Autriche demande peu de préparation spécifique. Bien qu'il soit adapté à



Figure 10: pin noir dans la neige (Freepik, 2010-2025)

une variété de sols, il préfère un sol bien drainé et légèrement acide. Résistant aux sécheresses et aux vents salins, il est idéal pour les régions côtières ou pour un usage comme coupe-vent dans des environnements difficiles. Il est possible de le planter seul, où il sert de pièce maîtresse dans un jardin ou parc, ou en groupe, selon l'effet décoratif recherché (Farjon, 2010).

6. Le Cycle phénologique de *Pinus nigra*

Le pin noir est un conifère monoïque dont le pollen et les graines sont dispersés par le vent. Il fleurit chaque année mais la production de graines n'est abondante que tous les 2 à 4 ans. Les arbres atteignent leur maturité sexuelle vers 15-20 ans dans leur habitat naturel. Les fleurs apparaissent en Mai. Les inflorescences femelles sont rougeâtres alors que les chatons mâles sont jaunes. La fécondation se produit environ 13 mois après la pollinisation (Hadjem, 2019).

Le cycle phénologique du pin noir du Djurdjura s'étale sur environ deux années et un mois. Il commence par une reprise de l'activité végétative vers le mois de février, suivi de la maturité des chatons mâles et la libération du pollen vers le mois de Juin. Après pollinisation anémophile, les bractées des inflorescences femelles se referment et rentrent dans une période de lignification, aboutissant à l'automne à un cônelet de couleur brunâtre. Ce dernier entre en Dormance jusqu'à la mi-mars. La deuxième année, il y a reprise de croissance du cônelet, qui prend au printemps une couleur verdâtre jusqu'à atteindre sa taille définitive. A la fin de l'été, le cône se lignifie. Vers la fin Février et début Mars (selon les années) il y a déhiscence du cône et libération des graines qui sont dispersées par le vent (anémochorie).

7. Pratiques culturales de la plante

Les pratiques culturales du pin noir sont essentielles pour assurer sa croissance optimale, sa régénération et sa pérennité, notamment dans un contexte de reboisement ou de conservation. Elles varient en fonction des objectifs (boisement, conservation, production de bois, etc.) et des conditions écologiques du site. (FAO, 2018).

7.1. Préparation du sol

Avant toute plantation, le sol doit être préparé mécaniquement pour améliorer l'aération, faciliter l'enracinement et réduire la concurrence des mauvaises herbes. Selon la nature du terrain, on pratique un labour en lignes ou en poquets, voire un simple décompactage dans les zones rocheuses. Il est aussi recommandé de procéder à un désherbage préalable (DGF, 2010).

7.2. Mode de plantation

Le pin noir peut être planté à racines nues ou en mottes selon l'âge et la méthode de production en pépinière. La plantation se fait généralement en automne (octobre-novembre) ou au printemps (février-mars), lorsque le sol est suffisamment humide. Les jeunes plants doivent être bien positionnés, avec les racines étalées dans des trous d'au moins 30 cm de profondeur (DFT, 2020).

7.3. Entretien des jeunes plantations

Un désherbage régulier autour des plants est nécessaire durant les 2 à 3 premières années pour éviter la compétition hydrique et lumineuse. Des paillages organiques peuvent également être utilisés pour conserver l'humidité et limiter la repousse des herbes. En cas de sécheresse, un arrosage complémentaire peut être envisagé, notamment sur les sites arides ou en altitude (INRF, 2001).

7.4. Taille et éclaircie

La taille de formation peut être pratiquée pour favoriser un tronc droit et bien développé, surtout si l'objectif est la production de bois d'œuvre. À partir de la 6^e ou 7^e année, on procède à des éclaircies progressives afin de réduire la densité du peuplement et améliorer la croissance des arbres restants. Ces opérations permettent aussi de limiter les risques de maladies ou d'incendie (Debazac, 1971).

7.5. Fertilisation

En général, le pin noir pousse sur des sols pauvres sans besoins nutritifs spécifiques. Toutefois, une fertilisation de fond peut être utile en pépinière ou sur sol dégradé, avec un apport d'azote

(N), de phosphore (P) et de potassium (K). L'analyse du sol peut guider les doses à appliquer (Debazac, 1971).

7.6. Protection contre les agressions

Les jeunes plants peuvent être sensibles à la prédation animale (lapins, sangliers), à la compétition végétale, aux maladies cryptogamiques et aux insectes ravageurs. Des protections mécaniques (grillages), des traitements préventifs ou des méthodes biologiques peuvent être utilisées pour limiter les pertes (Barbero, 1990).

CHAPITRE II

Méthodologie générale

Ce travail, de nature **bibliographique**, porte sur **l'analyse et la préservation du *Pinus nigra* ssp. *mauretanica***, une sous-espèce rare et endémique du territoire algérien. Plus précisément, cette sous-espèce est **strictement localisée dans le massif du Djurdjura**, où elle occupe des stations montagnardes limitées et fragilisées par diverses pressions écologiques et humaines.

Le *Pinus nigra* ssp. *mauretanica* représente un **patrimoine biologique unique**, à la fois par sa **valeur écologique, scientifique et historique**. En tant que **relique postglaciaire**, il témoigne de l'évolution de la flore méditerranéenne et constitue un élément essentiel de la diversité forestière algérienne. Cependant, cette richesse naturelle est aujourd'hui **menacée par la raréfaction des peuplements**, les **incendies répétés**, la **déforestation**, et plus largement par les **changements climatiques** qui modifient profondément les conditions de son habitat.

Dans ce contexte, le présent travail s'inscrit dans une **démarche de synthèse scientifique et de valorisation du savoir existant**.

Il vise avant tout à **compiler, analyser et structurer les connaissances disponibles** sur cette sous-espèce, issues de travaux de recherche, de rapports techniques et de publications académiques. Cette approche bibliographique permet de **rassembler les contributions dispersées** des chercheurs qui se sont intéressés à ce taxon au fil du temps, depuis les premières descriptions botaniques de Maire et Peyerimhoff (1927) jusqu'aux études écologiques récentes menées par l'INRF et d'autres institutions spécialisées.

L'objectif principal de ce travail est de **mettre en évidence l'état écologique actuel du *Pinus nigra* ssp. *mauretanica*** à travers une analyse critique des données existantes. Cela comprend :

- l'étude de sa **répartition géographique** et de la **structure de ses peuplements** ;
- l'identification des **facteurs limitants** de sa régénération naturelle et de sa dynamique écologique ;
- la mise en lumière des **menaces d'origine naturelle** (sécheresse, parasites, maladies) et **anthropique** (exploitation, incendies, urbanisation) ;
- ainsi que la présentation et la discussion des **stratégies de conservation envisageables**, tant **in situ** (dans son milieu naturel) qu'**ex situ** (dans des pépinières, banques de gènes ou plantations expérimentales).

Au-delà de l'aspect scientifique, cette recherche revêt également une **dimension de sensibilisation environnementale**. En valorisant les connaissances relatives à cette essence forestière emblématique, elle cherche à **attirer l'attention sur l'importance de la conservation des ressources génétiques locales** et sur la nécessité d'une **gestion durable des écosystèmes montagnards du Djurdjura**.

Ainsi, ce travail ne se limite pas à une simple revue de littérature : il constitue une **analyse intégrative** et **critique** qui met en relation les résultats des recherches passées avec les problématiques écologiques actuelles. Il aspire à offrir une **vision d'ensemble** sur la situation du *Pinus nigra mauretanica* et à proposer des **orientations pour la préservation et la valorisation** de cette sous-espèce unique du patrimoine forestier algérien.

1. Démarche méthodologique

1.1. Recherche documentaire

La collecte des données s'est appuyée sur une recherche documentaire approfondie menée à partir de plusieurs sources. Parmi les principaux documents consultés nous citons :

- **Maire et de Peyerimhoff (1927)** figurent parmi les **pionniers de la botanique algérienne** et les premiers à s'être intéressés de manière approfondie aux **conifères du Nord de l'Afrique**. Leur étude, intitulée « *Contribution à l'étude de la flore de l'Algérie : Note sur quelques conifères* », publiée dans le *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, constitue la **première description scientifique complète du *Pinus nigra ssp. mauretanica***, connu à l'époque sous le nom de *Pinus mauretanica* Maire & Peyerimhoff.

Dans cette publication, les deux botanistes ont mené un **travail de terrain rigoureux** dans les **massifs montagneux du Djurdjura**, région qu'ils considéraient comme un **refuge floristique d'importance majeure**. Ils y ont observé l'existence d'une **population isolée de pin noir** présentant des **caractères morphologiques spécifiques** qui la distinguaient nettement des autres sous-espèces de *Pinus nigra* présentes en Europe (telles que *Pinus nigra ssp. nigra* en Autriche ou *ssp. salzmannii* dans les Pyrénées).

Leur analyse portait principalement sur :

la **morphologie des aiguilles**, plus courtes et plus rigides que celles des formes européennes ;

la **structure des cônes**, plus petits et plus arrondis ;

la **teinte plus sombre de l'écorce** et la **forme élancée du tronc** ;

ainsi que les **conditions écologiques particulières** du milieu, notamment l'altitude (entre 1 400 et 1 900 m), la nature calcaire du sol et le climat montagnard humide du Djurdjura.

À partir de ces observations, Maire et de Peyerimhoff ont proposé de **considérer cette forme comme une entité taxonomique distincte**, ce qui a conduit à la **création du**

taxon *Pinus mauretanica*, ultérieurement intégré par d'autres botanistes sous la dénomination actuelle de *Pinus nigra subsp. mauretanica* (Maire). Leur travail constitue donc la **base de la reconnaissance scientifique et nomenclaturale** de cette sous-espèce endémique.

Au-delà de la simple description botanique, leurs travaux ont également une **valeur historique et patrimoniale** majeure : ils ont permis d'attirer l'attention des naturalistes sur la **singularité floristique du Djurdjura**, en soulignant le rôle de ce massif comme **refuge d'espèces relictées** issues des périodes glaciaires.

Cette contribution a ouvert la voie à de nombreuses recherches ultérieures sur la **phylogénie**, la **biogéographie** et la **conservation** du *Pinus nigra mauretanica*, confirmant le statut exceptionnel de cette essence dans le patrimoine forestier algérien et méditerranéen. [Mémoire de magistère]. Université de Tizi-Ouzou.

- **Asmani (1993)** a réalisé l'une des **études écologiques et cartographiques les plus exhaustives** consacrées au *Pinus nigra ssp. mauretanica* dans le massif du Djurdjura. Ce travail, présenté dans le cadre d'un **mémoire de magistère à l'Université de Tizi-Ouzou**, constitue une **étape clé dans la connaissance écologique et spatiale** de cette sous-espèce endémique.

L'auteur a mené une **analyse de terrain approfondie**, combinant observations directes, relevés floristiques et mesures environnementales. Son objectif principal était de **déterminer la répartition géographique précise** du *Pin noir du Djurdjura* et de **mieux comprendre les conditions écologiques qui conditionnent sa survie*.

Grâce à un travail méthodique de **cartographie écologique**, Asmani a pu **délimiter les zones exactes d'occurrence** de l'espèce, réparties principalement sur les versants nord et nord-est du Djurdjura, entre **1 400 et 1 900 mètres d'altitude**. Il a estimé la **taille totale des peuplements à environ 500 individus**, confirmant le **caractère extrêmement restreint et vulnérable** de cette population.

Son étude a également permis d'identifier plusieurs **paramètres écologiques déterminants**, parmi lesquels :

la **préférence pour les sols calcaires bien drainés**, souvent issus de la décomposition de la roche-mère dolomitique ;

la **tolérance modérée à la sécheresse** grâce à un enracinement profond ;

et la **nécessité de conditions climatiques fraîches et humides**, caractéristiques du climat montagnard du Djurdjura.

En outre, Asmani a mis en évidence la **dynamique très lente de régénération naturelle** du *Pin noir maurétanien*, due à la **rareté des jeunes semis** et à la **faible production de graines viables**. Il a également signalé plusieurs **facteurs de dégradation**, tels que les **incendies de forêts**, le **piétinement du bétail**, et l'**érosion des sols**, qui contribuent à la régression progressive des peuplements.

Sur le plan scientifique, cette étude se distingue par son **approche intégrée**, combinant **analyse écologique, description floristique et cartographie spatiale**, à une époque où les outils géomatiques modernes (comme le SIG) n'étaient pas encore largement utilisés en Algérie.

Le mémoire d'Asmani (1993) demeure donc une **référence incontournable** pour toute recherche relative au *Pinus nigra ssp. mauretanica*, car il offre la première **vision globale et chiffrée de la situation écologique de l'espèce**.

Ce travail a par ailleurs **jeté les bases des études ultérieures** portant sur la **biologie de la conservation**, la **caractérisation génétique** et la **gestion durable** de cette essence forestière. Les informations recueillies par Asmani ont servi de **point de départ** à de nombreuses recherches récentes, notamment celles menées dans le cadre de projets du **Parc National du Djurdjura** et de l'**Institut National de la Recherche Forestière (INRF)**.

- **Hadjem (2019)** a apporté une **contribution significative à l'étude physiologique et sanitaire** du *Pinus nigra ssp. mauretanica*, en se focalisant sur l'analyse des **décolorations des aiguilles**, un symptôme révélateur de stress environnemental. Sa **thèse de doctorat**, soutenue à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, s'inscrit dans la continuité des travaux d'Asmani (1993) et vise à **mieux comprendre l'état de santé actuel des peuplements** de cette essence rare, dans un contexte de **changements climatiques et de pressions anthropiques croissantes**.

Dans son étude, Hadjem a mené une **campagne d'échantillonnage détaillée** dans plusieurs stations du **Parc National du Djurdjura**, où subsistent les principaux peuplements naturels du *Pinus nigra mauretanica*. À travers des **analyses morphologiques, chimiques et écophysiologiques**, il a évalué différents **indices de vitalité des arbres**, tels que :

la **coloration et la chlorose des aiguilles**, indicatrices du degré de stress ou de carence en nutriments ;

la **teneur en chlorophylle** et en **pigments photosynthétiques**, permettant d'apprécier la capacité de l'arbre à capter l'énergie lumineuse ;

et la **présence de signes de dépérissement ou de nécrose**, souvent liés à la pollution atmosphérique, à l'ozone troposphérique, ou à la sécheresse prolongée.

Les résultats obtenus ont mis en évidence une **corrélation directe entre la décoloration des aiguilles et la dégradation des conditions écologiques locales**. Hadjem a notamment observé que les arbres exposés à des **altitudes inférieures à 1 500 m**, proches des zones d'activité humaine, présentaient des **signes de stress plus prononcés**, dus à la **pollution de l'air, aux dépôts de poussières industrielles**, et à la **modification du microclimat**.

L'auteur a aussi souligné que les **changements climatiques récents** (baisse des précipitations, hausse des températures estivales, allongement des périodes de sécheresse) accentuent les **déséquilibres hydriques** et fragilisent davantage cette espèce déjà marginale.

Ces constats l'ont conduit à proposer plusieurs **indicateurs physiologiques de vitalité**, utilisables dans les programmes de **suivi écologique à long terme**. Parmi ces indicateurs figurent la mesure de la teneur en chlorophylle, la densité des aiguilles par rameau, et la variation de couleur selon l'exposition solaire.

La thèse de Hadjem représente une **avancée majeure dans la compréhension des mécanismes de résistance et de vulnérabilité** du *Pinus nigra mauretanica*. Elle met en lumière le **lien entre facteurs abiotiques et santé forestière**, tout en offrant des **outils pratiques de diagnostic précoce** pour les gestionnaires forestiers. Ce travail a ainsi permis de **compléter la vision écologique** amorcée par les études précédentes (Maire, Asmani) en y intégrant une dimension **physiologique et bio-indicative**, essentielle à toute stratégie de conservation durable.

- **L'Institut National de la Recherche Forestière (INRF, 2021)** a réalisé un **rapport technique de grande envergure** portant sur **l'état de la biodiversité forestière en Algérie**, dans le cadre d'un programme national de **suivi et d'évaluation des écosystèmes forestiers**. Ce document constitue la **source la plus récente et la plus complète** concernant le *Pinus nigra ssp. mauretanica*, en apportant une mise à jour des connaissances accumulées depuis les travaux d'Asmani (1993) et de Hadjem (2019).

Le rapport, élaboré en collaboration avec le **Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural**, visait à **dresser un diagnostic global** de la diversité biologique forestière algérienne et à **identifier les espèces les plus menacées**. Dans ce contexte, le *Pin noir du Djurdjura* a été classé parmi les **taxons prioritaires à protéger**, en raison

de son **aire de répartition extrêmement réduite**, de sa **valeur patrimoniale élevée**, et de son **statut d'endémisme strict** limité aux hautes altitudes du massif du Djurdjura.

Les résultats du rapport de l'INRF ont révélé une **régression alarmante des peuplements naturels** du *Pinus nigra mauretanica*, dont la superficie globale ne dépasserait plus **une centaine d'hectares**. Cette diminution s'explique par plusieurs **facteurs de dégradation combinés** :

- la **pression anthropique croissante**, liée au **pâturage intensif**, au **déboisement**, et à l'**expansion des infrastructures touristiques** dans les zones forestières ;
- les **incendies de forêts récurrents**, particulièrement destructeurs dans les massifs du Djurdjura au cours des dernières décennies ;
- et la **fragmentation de l'habitat**, qui isole les petits noyaux de population et compromet la **reproduction naturelle** ainsi que la **diversité génétique** de l'espèce.

Le rapport souligne également la **vulnérabilité génétique** du *Pinus nigra mauretanica*, aggravée par la **faible densité des peuplements** et le **manque de régénération naturelle**. Dans certaines stations, la régénération est quasi absente, traduisant un **déséquilibre démographique** entre les individus adultes et les jeunes semis.

Face à ce constat préoccupant, l'INRF a recommandé plusieurs **axes d'intervention prioritaires**, parmi lesquels :

- la **mise en œuvre de programmes de conservation in situ**, visant à protéger les peuplements existants à travers une **surveillance continue**, la **limitation des activités humaines** et la **restauration des zones dégradées** ;
- la **création de collections ex situ** (plantations expérimentales, banques de graines, pépinières spécialisées) afin de préserver le **patrimoine génétique de l'espèce** ;
- et le **renforcement de la recherche scientifique** sur la **physiologie, la génétique et l'écologie de régénération** du *Pinus nigra mauretanica*, dans le but de mieux orienter les stratégies de gestion durable.

En outre, ce rapport a insisté sur la nécessité d'une **coopération interinstitutionnelle** entre les **universités, le Parc National du Djurdjura, et les directions des forêts régionales**, pour assurer une approche intégrée de la conservation.

Ainsi, les travaux de l'INRF (2021) marquent une **étape contemporaine essentielle** dans l'étude du *Pin noir du Djurdjura*, en consolidant les données scientifiques antérieures et en introduisant une **dimension de gestion écologique et politique**. Ils placent cette essence au cœur des **enjeux nationaux de conservation** de la biodiversité

forestière algérienne, en soulignant l'urgence de **mesures concrètes et coordonnées** pour éviter sa disparition à moyen terme.

- Enfin, **Médail et Quézel (1997)**, à travers leurs travaux de référence sur les *hot-spots* de biodiversité méditerranéenne, ont apporté une contribution majeure à la compréhension du **rôle biogéographique du *Pinus nigra ssp. mauretanica***. Leur étude, publiée dans *Annals of the Missouri Botanical Garden*, a permis d'identifier les principales zones de concentration d'espèces endémiques et relictées dans le bassin méditerranéen, parmi lesquelles figure le massif du Djurdjura, reconnu comme l'un des foyers de diversité les plus remarquables d'Afrique du Nord.

Dans ce cadre, le ***Pinus nigra mauretanica*** a été mis en évidence comme un **taxon relicté postglaciaire**, c'est-à-dire une espèce ayant survécu aux grandes fluctuations climatiques du Quaternaire grâce aux conditions microclimatiques particulières des zones montagneuses du Djurdjura. Ces auteurs ont ainsi replacé cette sous-espèce dans une perspective évolutive et historique, montrant que sa présence actuelle témoigne d'une continuité écologique ancienne, antérieure aux bouleversements climatiques et anthropiques modernes.

Médail et Quézel ont également insisté sur l'**importance patrimoniale** de cette essence, en la considérant comme un élément clé du **patrimoine floristique méditerranéen**, au même titre que d'autres espèces endémiques rares du Maghreb. Ils ont souligné que la **préservation du *Pinus nigra mauretanica*** dépasse la simple protection d'une espèce forestière : elle constitue un enjeu scientifique et écologique majeur pour la **conservation des écosystèmes montagnards méditerranéens**, souvent menacés par la déforestation, les incendies et la perte de diversité génétique.

Ainsi, les travaux de **Médail et Quézel (1997)** ont contribué à **internationaliser la reconnaissance scientifique** du Pin noir du Djurdjura, en le plaçant dans un réseau d'espèces relictées méditerranéennes à haute valeur biogéographique. Leur approche a ouvert la voie à une vision intégrée de la conservation, articulant à la fois la dimension locale (préservation in situ) et régionale (stratégies méditerranéennes de protection de la biodiversité).

1.2. Critères de sélection des sources

Les documents ont été sélectionnés en fonction de plusieurs critères :

- ❖ Pertinence par rapport à la thématique ciblée (*Pinus nigra mauretanica* et son habitat);
- ❖ Fiabilité scientifique des auteurs et publications ;

- ❖ Date de publication : priorité a été donnée aux travaux récents (2001–2021), tout en intégrant des références classiques incontournables (Quézel et Maire).

1.3. Méthode d'analyse

Les données recueillies à partir des différentes sources bibliographiques ont été **analysées de manière thématique et comparative**, en vue de dégager une vision globale et actualisée de l'état de conservation du *Pinus nigra ssp. mauretanica*.

L'approche adoptée repose sur une **analyse qualitative** des travaux antérieurs et des rapports institutionnels, complétée par une **mise en perspective écologique et biogéographique** des résultats.

Afin de structurer l'étude, les informations ont été organisées autour de **trois axes analytiques principaux**, correspondant aux dimensions écologiques, environnementales et de gestion durable :

➤ Axe 1 : État écologique et dynamique des peuplements

Cet axe a consisté à examiner la **répartition géographique actuelle** du *Pinus nigra mauretanica* dans le massif du Djurdjura, ainsi que les **conditions écologiques** qui déterminent sa survie (altitude, type de sol, exposition, climat).

Les données issues des travaux de **Maire et Peyerimhoff (1927)**, **Asmani (1993)**, **Hadjem (2019)** et **INRF (2021)** ont été comparées afin d'évaluer l'évolution des peuplements au fil du temps.

L'objectif était de **déterminer les tendances dynamiques**, notamment en termes de régénération naturelle, de structure démographique des peuplements et de viabilité génétique.

➤ Axe 2 : Menaces d'origine naturelle et anthropique

Ce deuxième axe a porté sur l'identification et la hiérarchisation des **facteurs de dégradation** affectant l'espèce.

Les sources ont été croisées pour distinguer les **menaces naturelles** (incendies, sécheresses, maladies, changements climatiques) des **pressions anthropiques** (pâturage intensif, déboisement, urbanisation, tourisme).

L'analyse a visé à comprendre les **mécanismes écologiques et socio-économiques** qui contribuent à la régression des peuplements, ainsi que leurs interactions sur le long terme.

➤ Axe 3 : Stratégies de conservation (in situ et ex situ)

Le troisième axe a regroupé les informations relatives aux **approches de gestion et de préservation** proposées dans la littérature scientifique et les rapports techniques.

Il s'agit notamment des programmes de **conservation in situ**, centrés sur la protection directe des peuplements naturels, et des **initiatives ex situ**, telles que les plantations expérimentales, les banques de graines ou les pépinières génétiques.

Une attention particulière a été accordée aux **recommandations de l'INRF (2021)**, qui insistent sur la mise en réseau des acteurs institutionnels (universités, parcs nationaux, services forestiers) et sur la nécessité d'une **gestion adaptative** face aux défis environnementaux contemporains.

Enfin, une **synthèse critique** a été réalisée pour chaque axe, permettant d'identifier :

- les **connaissances acquises** sur la biologie et l'écologie du *Pinus nigra mauretanica*,
- les **lacunes persistantes** dans la recherche scientifique,
- et les **pistes de réflexion** pour une gestion durable et intégrée de cette essence rare et emblématique du Djurdjura.

CHAPITRE III

Etat écologique, menaces et
stratégies de préservation de
Pinus nigra ssp mauritanica

1. Structure et typologie des peuplements du Djurdjura

Les peuplements de *Pinus nigra ssp. mauretanica* du Parc National du Djurdjura représentent des formations relictuelles d'un intérêt écologique majeur. Ils présentent une structure déséquilibrée et une dynamique altérée, reflet de perturbations anciennes et persistantes. Le site de Tigounatine, principal noyau de conservation, abrite environ 400 individus sénescents, dont certains dépassent deux siècles, en l'absence quasi totale de régénération naturelle (Bedrane et Boussafeur, 2023).

Typologiquement, il s'agit de forêts ouvertes à semi-fermées, dominées par *P. nigra ssp. mauretanica*, parfois en association avec *Cedrus atlantica*. Ces formations se localisent entre 1450 et 1650 m d'altitude sur des versants nord calcaires, et se caractérisent par :

Une stratification verticale peu développée, une faible densité de tiges et une forte fragmentation spatiale.

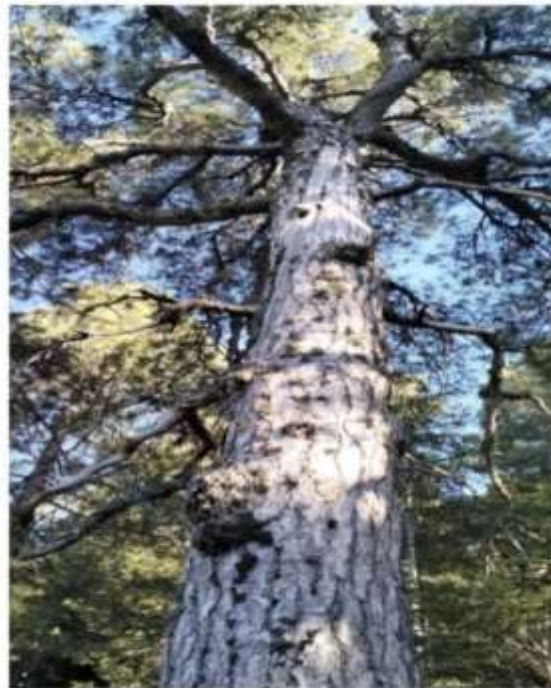


Figure 11: Arbre du Pin noir *ssp mauretanica* (MOULOUDJ & MOSTEFAL, 2023)

Ce qui témoigne d'un écosystème en état de vulnérabilité avancée. L'analyse des structures observées dans les stations de Tikjda Centre et Tala-Rana révèle des typologies similaires mais encore plus dégradées, où l'élément pin noir persiste sous forme résiduelle, intégré dans un cortège végétal appauvri, et souvent exposé à des pressions multiples telles que le surpâturage, l'érosion, et les perturbations climatiques. Ainsi, la typologie des peuplements du Djurdjura ne peut être comprise que dans une lecture écosystémique tenant compte de la dimension

historique, édapho-climatique et anthropique. Elle met en lumière l'urgence d'une stratégie de conservation intégrée, adaptée à un habitat unique, relictuel, et fortement menacé (Bedrane et Boussafeur, 2023).

1.1. Rôle écologique spécifique dans l'écosystème montagnard

Le *Pinus nigra ssp. Mauretanica*, espèce relictuelle et endémique du Djurdjura, occupe une niche écologique limitée entre 1450 et 1650 m d'altitude. Grâce à son enracinement profond adapté aux pentes calcaires, il joue un rôle important dans la stabilisation des sols et la réduction de l'érosion sur les versants escarpés. Cette essence rare favorise aussi une richesse faunistique souterraine : des études ont permis d'identifier une microfaune spécifique vivant sous sa litière, comme des invertébrés et des micromammifères. En cohabitant avec *Cedrus atlantica*, il participe à la diversité forestière montagnarde (Bedrane et Boussafeur, 2023).

2. Impacts anthropiques sur les peuplements naturels

Les peuplements de *Pinus nigra ssp. Mauretanica*, déjà fragilisés par leur faible effectif et leur isolement, sont soumis à plusieurs pressions humaines d'intensité croissante dans le Parc National du Djurdjura.

2.1. Pâturage excessif et anarchique

Le pâturage libre, pratiqué sans contrôle, constitue une menace majeure pour la régénération naturelle des forêts. Le cheptel estimé à 45 816 têtes occupe environ 8 300 hectares, soit une charge pastorale de 5,52 têtes/ha, bien supérieure à la capacité de support des milieux. Cette pression entraîne une surexploitation des ressources végétales, la dégradation du sol et une érosion marquée sur les versants (Bedrane et Boussafeur, 2023).

2.2. Coupe de bois illicite

Malgré l'interdiction officielle d'exploitation forestière dans les zones protégées, des cas de coupe illégale sont signalés, notamment en lisière du parc. Ces pratiques accentuent la fragmentation des peuplements et compromettent les processus naturels de régénération.

2.3. Urbanisation et pression touristique

Autour de Tikjda et Tala Guillef, les activités touristiques se sont fortement développées. On y observe une fréquentation massive dépassant les 12 000 visiteurs par week-end, générant du piétinement, une accumulation de déchets, des risques accrus d'incendies, et une perturbation globale du couvert végétal (Bedrane et Boussafeur, 2023). Ainsi, les auteurs signalent également la présence de dépôts de déchets solides, la pollution atmosphérique supposée liée à

l'ozone, ainsi que la défoliation provoquée par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*), comme autant de facteurs compromettant la pérennité de l'espèce.

Ces activités anthropiques, si elles ne sont pas encadrées par des mesures de gestion durable, risquent d'accélérer la dégradation des écosystèmes relictuels du Djurdjura, mettant en péril la conservation à long terme de cette essence endémique et menacée.

2.4. Risques liés aux incendies récurrents

Les incendies constituent une menace majeure pour la pérennité des peuplements relictuels de *Pinus nigra* ssp. *Mauretanica* dans le Djurdjura. L'un des cas les plus documentés concerne l'incendie de l'an 2000 survenu à Tikjda, qui a entraîné la destruction de quatre arbres adultes producteurs de graines. Cette perte a été qualifiée de préjudice génétique important, dans la mesure où ces arbres représentaient une composante clé du maintien de la diversité locale.

Ces événements à répétition, aggravés par la sécheresse estivale, les activités humaines (tourisme, déchets, feux non maîtrisés), et le manque de moyens de prévention, exposent davantage les stations comme Tigounatine, Tikjda Centre et Tala-Rana à une vulnérabilité extrême. En plus de la destruction directe du couvert végétal, les incendies freinent la régénération naturelle, affectent la fertilité des sols, et provoquent un recul du nombre d'individus matures capables d'assurer la reproduction de l'espèce, déjà menacée par d'autres pressions environnementales (Bedrane et Boussafeur, 2023).



Figure 12: Incendie à Tikedjda (Watan-DZ, 2022)

3. Effets du changement climatique sur un habitat montagnard

L'habitat montagnard du *Pinus nigra ssp. Mauretanica* dans le Djurdjura est particulièrement sensible aux perturbations climatiques. Bien que le changement climatique ne soit pas traité de manière directe dans les études consultées, plusieurs éléments indiquent que cette essence relictuelle est exposée à des stress abiotiques croissants, notamment la sécheresse estivale, les variations thermiques et la réduction de l'humidité du sol.

Ces conditions défavorables affectent la vitalité des peuplements et freinent leur régénération naturelle, déjà limitée par d'autres facteurs écologiques et anthropiques. L'absence de jeunes semis dans les stations principales comme Tigounatine est souvent attribuée à un déficit hydrique et à une faible capacité de germination en milieu sec. De plus, les altitudes élevées et les substrats calcaires accentuent la vulnérabilité de l'habitat, car ils rendent les peuplements plus sensibles aux fluctuations climatiques rapides et aux périodes prolongées de sécheresse, fréquentes dans la région ces dernières années (Bedrane et Boussafeur, 2023 ; Hadjem, 2019).

4. Fragmentation et isolement géographique

Pinus nigra ssp. Mauretanica présente une distribution spatiale très restreinte et fragmentée dans le Parc National du Djurdjura. Il est uniquement recensé dans trois stations distinctes : Tigounatine, Tikjda Centre et Tala-Rana, toutes localisées sur le versant sud du massif, dans la wilaya de Bouira.

La station de Tigounatine, située entre 1450 et 1610 mètres d'altitude, abrite environ 445 individus (jeunes et adultes confondus). À Tikjda Centre, seuls 10 individus subsistent, tandis que la station de Tala-Rana, gravement touchée par les incendies, ne conserve que 30 arbres sur les 70 d'origine. Ces peuplements sont dispersés et distants : Tigounatine et Tikjda ne sont séparées que de 1,5 km, tandis que Tala-Rana est isolée à environ 10 km à vol d'oiseau. Cette discontinuité compromet les échanges génétiques naturels entre stations, accentue l'isolement reproductif, réduit la diversité génétique et fragilise les peuplements face aux pressions climatiques et anthropiques (Hadjem, 2019).

5. Vulnérabilité génétique d'une population relique

La population de *Pinus nigra ssp. Mauretanica* dans le Djurdjura constitue une population relictuelle extrêmement restreinte, fragmentée en trois stations isolées : Tigounatine, Tikjda Centre et Tala-Rana. Ces peuplements sont très faiblement peuplés, certains ne comptant qu'une dizaine à une trentaine d'individus. Cette situation entraîne une réduction drastique du

brassage génétique entre les populations. L'isolement géographique, combiné à l'absence de régénération naturelle observée notamment à Tigounatine, compromet la transmission génétique entre générations, ce qui augmente le risque de dérive génétique et de dépression de consanguinité.

De plus, l'absence de jeunes semis, la sénescence des individus adultes, et les pressions environnementales (feux, sécheresse, surpâturage) aggravent cette vulnérabilité. À terme, cela pourrait compromettre la viabilité à long terme de cette essence endémique, déjà classée comme menacée (Hadjem, 2019 ; Badrane et Boussafeur, 2023).

6. Études antérieures et lacunes scientifiques

Les recherches consacrées à *Pinus nigra ssp. mauretanica* demeurent encore limitées, malgré son statut d'endémique relique strictement localisée au massif du Djurdjura. Les travaux existants se concentrent principalement sur sa répartition, sa structure forestière et sa dynamique démographique (Hedjam, 2019 ; Bedrane et Boussafeur, 2023). Quelques études ont porté sur la productivité des semences, les caractéristiques dendrométriques des peuplements, ainsi que sur les conditions écologiques spécifiques de certaines stations, notamment celle de Tigounatine. Toutefois, de nombreuses lacunes scientifiques persistent.

À ce jour, peu de données sont disponibles sur la diversité génétique intra-populationnelle, les interactions biotiques (symbioses mycorhiziennes, phytopathogènes, insectes ravageurs), ou encore les réponses adaptatives de l'espèce face aux changements climatiques. Par ailleurs, les aspects relatifs à la régénération naturelle, aux exigences écophysiologiques et au rôle de la microtopographie sont encore insuffisamment documentés. L'absence de suivis écologiques à long terme et de modélisation des dynamiques forestières freine également l'élaboration de plans de conservation efficaces. Ces lacunes soulignent l'urgence de mettre en place des programmes de recherche multidisciplinaires pour mieux comprendre, gérer et préserver ce taxon rare et menacé.

7. Cadre juridique de protection en Algérie

Le *Pinus nigra ssp. mauretanica* figure parmi les espèces végétales non cultivées protégées en Algérie, conformément au :

Décret exécutif n°12-03 du 4 janvier 2012, fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées. Ce texte interdit toute activité portant atteinte à l'espèce (coupe, arrachage, transport, commercialisation, etc.) ainsi qu'à son habitat naturel.

CHAPITRE III : Etat écologique, menaces et stratégies de préservation de *Pinus nigra ssp mauritanica*

Le *Pinus nigra ssp. mauretanica* est endémique au Parc National du Djurdjura, créé par **Décret n°83-462 du 23 juillet 1983**, classé comme aire protégée au titre de la :

Loi n°11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées,

Décrets exécutifs n°19-224 et 19-225 de 2019, relatifs à la gestion et à la surveillance des parcs nationaux.

Ces textes encadrent la conservation des espèces endémiques, la gestion des usages et l'aménagement des zones sensibles. Depuis 2001, le Parc National du Djurdjura est reconnu comme **Réserve de Biosphère** par le programme **MAB** (Man and the Biosphere) de l'UNESCO. Cette reconnaissance souligne : La valeur écologique exceptionnelle du massif, la nécessité de concilier préservation de la biodiversité et développement durable local et une responsabilité renforcée de l'Algérie vis-à-vis des engagements internationaux.

8. Stratégie de préservation de *Pinus nigra ssp. mauretanica* en Algérie

8.1. Contexte général

Pinus nigra ssp. mauretanica, taxon endémique strict du massif du Djurdjura, est aujourd'hui confronté à une série de menaces qui compromettent sa survie à long terme : fragmentation de ses peuplements, absence de régénération naturelle, pression anthropique croissante, et changements climatiques. La mise en œuvre d'une stratégie nationale de préservation est donc indispensable pour sauvegarder cette ressource végétale patrimoniale.

8.2. Mesures de conservation *in situ* (Parc national du Djurdjura)

La conservation *in situ* vise la sauvegarde de l'espèce dans son habitat naturel, permettant ainsi le maintien des processus écologiques, des interactions biotiques, et du potentiel évolutif des populations. La présence du *Pinus nigra ssp. Mauretanica* dans le Parc National du Djurdjura lui confère un statut de protection juridique. Cependant, les recherches récentes révèlent l'absence de mesures de conservation *in situ* spécifiques à cette essence relique. Aucun programme de suivi écologique régulier ni d'actions de restauration n'est mis en œuvre dans les stations principales telles que Tigounatine ou Tikjda (Hadjem, 2019 ; Badrane et Boussafeur 2023).

L'espèce ne bénéficie aujourd'hui que d'une protection passive, liée au statut du parc, mais sans stratégie opérationnelle de régénération ou de gestion adaptative. La rareté des jeunes semis, la pression du pâturage, la fragmentation de l'habitat et les incendies accentuent sa vulnérabilité.

8.2.1. Renforcement de la protection des stations naturelles

Les trois stations majeures connues à ce jour – Tigounatine, Tikjda Centre, et Tala-Rana – doivent faire l’objet d’une protection stricte. Cela inclut :

- la **délimitation des zones sensibles** avec signalétique,
- la **restriction d’accès** pour certaines activités (pâturage, cueillette),
- la **surveillance continue** par les services forestiers (DGF) pour prévenir les feux et les coupes illégales.

8.2.2. Restauration des conditions écologiques

Les études récentes soulignent l’absence d’actions concrètes de restauration écologique concernant *Pinus nigra ssp. mauretanica* dans le Djurdjura. Aucun programme de suivi environnemental régulier, ni de projet de reboisement ciblé, n’est mis en place dans le PND, notamment Tigounatine et Tikjda (Hadjem, 2019 ; Badrane et Boussafeur, 2023).

L’espèce évolue dans un contexte de forte dégradation, sans accompagnement écologique pour soutenir sa régénération naturelle. Cette situation compromet sérieusement les chances de survie à long terme de ce taxon endémique.

La régénération naturelle étant déficiente, il est recommandé de :

- Ouvrir partiellement le couvert forestier pour favoriser l’ensoleillement du sol,
- Protéger les jeunes semis contre le broutage par des enclos temporaires,
- Limiter la compétition herbacée dans les zones de régénération.

8.2.3. Suivi écologique à long terme

La mise en place d’un dispositif de suivi écologique à long terme est essentielle pour évaluer l’efficacité des actions de conservation et anticiper les changements dans l’état des peuplements. Ce suivi repose notamment sur les éléments suivants :

- Installation de placettes permanentes d’observation réparties dans les différentes stations (Tigounatine, Tikjda, Tala Rana) afin de suivre de manière continue les paramètres structurels (densité, hauteur, diamètre à hauteur de poitrine), la mortalité et la régénération naturelle ;

- Mesures répétées de la croissance, en hauteur et en diamètre, permettant d'évaluer les conditions de développement des individus sur plusieurs années ;
- Surveillance de la survie des individus juvéniles et adultes pour estimer les taux de mortalité liés aux conditions climatiques, aux maladies, ou aux pressions anthropiques
- Estimation du recrutement, c'est-à-dire l'apparition, la survie et l'intégration de nouveaux individus dans la structure du peuplement ;
- Analyse phytosanitaire régulière, incluant la détection des attaques fongiques, de la présence d'insectes ravageurs (ex. cochenilles, coléoptères) ou d'autres pathogènes ;
- Suivi des variables environnementales locales, comme la température, l'humidité du sol, les précipitations, en lien avec les effets du changement climatique ;
- Utilisation de protocoles standardisés, compatibles avec les dispositifs de suivi internationaux (FAO, EUFORGEN) pour permettre des comparaisons régionales.

Ce suivi doit être assuré par une équipe pluridisciplinaire associant gestionnaire forestière, chercheuse, étudiante et experte du patrimoine naturel.

8.2.4. Intégration au cadre légal

Cette conservation s'appuie sur des textes réglementaires clés :

- **Décret exécutif n°12-03 (2012)** pour la protection des espèces végétales non cultivées,
- **Loi n°11-02 (2011)** sur les aires protégées,
- Statut de **réserve de biosphère du Djurdjura (UNESCO, 2001)**.

8.3. Conservation ex situ et recherches sur le matériel génétique

La conservation *ex situ* du Pin noir d'Algérie (*Pinus nigra ssp. mauretanica*) consiste à préserver des populations stables en dehors de leur habitat naturel, notamment dans des parcs nationaux comme celui du Djurdjura et de Chréa. Depuis 2012, l'Institut national de recherche forestière à Azazga, en collaboration avec le Parc national du Djurdjura, a initié la création de ces populations *ex situ*, avec des plants atteignant plus de 70 cm, voire 150 cm, témoignant d'un bon développement (Djema, 2017).



Figure 13: Pin noir planté en 2014 à Tala-rana (Djema, 2017)

Cette stratégie vise à sauvegarder l'espèce face aux menaces majeures que sont l'absence de régénération naturelle, les incendies fréquents et les changements climatiques qui affectent la région (irrégularité des pluies et températures extrêmes) (Djema, 2017).

Parallèlement, des recherches sont menées sur le matériel génétique pour mieux comprendre la diversité génétique de cette sous-espèce endémique et adapter les méthodes de conservation et de restauration. Ces travaux sont essentiels pour assurer la pérennité de l'espèce, en renforçant sa résilience face aux conditions environnementales sévères et aux pressions anthropiques. (Anissa, 2017). Ainsi, la conservation ex situ combinée à la recherche génétique constitue une approche clé pour la préservation durable du Pin noir d'Algérie.

8.3.1. Collecte et stockage du matériel génétique

La collecte du matériel génétique (graines, cônes, boutures) est une étape cruciale pour assurer la conservation à long terme de *Pinus nigra* ssp. *mauretanica* en dehors de son habitat naturel. Les principales étapes à respecter sont :

- **Identification des arbres-mères** : seuls les individus sains, matures et représentatifs de la diversité génétique des différentes stations (Tigounatine, Tikjda, Tala-Rana) doivent être sélectionnés pour garantir la représentativité du pool génétique.
- **Collecte manuelle des cônes** pendant la période de maturation (généralement entre septembre et novembre), suivie d'un séchage à l'air libre et d'une extraction délicate des graines.

- **Contrôle de qualité** : tri des graines par flottation et tests de germination afin de sélectionner uniquement les graines viables.
- **Stockage sécurisé** : les semences doivent être conservées à température et humidité contrôlées (environ -18°C, 5 à 8 % d'humidité relative) dans des contenants hermétiques. L'INRF (Baraki) est actuellement l'un des établissements habilités à gérer ce type de banque de semences en Algérie.
- **Documenter chaque collecte** avec des informations détaillées sur l'origine géographique, l'altitude, l'état sanitaire de l'arbre donneur et les conditions climatiques au moment de la récolte.

Cette procédure permet la constitution de **réservoirs génétiques** accessibles pour les futurs programmes de reboisement, de recherche, ou de réintroduction, en minimisant les risques de dérive génétique ou d'érosion de la diversité.

8.3.2. Production de plants en pépinière

La production de plants viables et adaptés aux conditions du Djurdjura est une étape clé pour soutenir les programmes de restauration ou de reboisement. Elle repose sur les principes suivants :

- **Utilisation exclusive de semences locales certifiées**, récoltées dans les peuplements naturels afin de maintenir l'intégrité génétique et l'adaptation écologique des futurs plants.
- **Prétraitement des semences** pour améliorer la germination, notamment par stratification froide et trempage.
- **Semis en substrats adaptés**, constitués de mélanges légers, drainants et légèrement calcaires simulant le sol naturel du Djurdjura.
- **Mycorhization contrôlée**, par inoculation avec des champignons symbiotiques (ex. *Pisolithus tinctorius*, *Suillus spp.*), favorisant la nutrition et la résistance des jeunes plants.
- **Gestion rigoureuse des pépinières** : contrôle de l'irrigation, ombrage partiel, désherbage régulier, protection phytosanitaire sans produits toxiques.
- **Durée de culture adaptée**, généralement 12 à 18 mois avant transplantation, avec sélection finale selon la vigueur, le système racinaire et la résistance.
- **Production dans des pépinières spécialisées** comme celles d'Azazga ou de Chréa, bénéficiant d'un encadrement technique qualifié et d'infrastructures adaptées.

8.3.3. Verger à graines et réintroduction

La mise en place de vergers à graines vise à constituer des populations sources reproductrices dans des conditions contrôlées. Cette approche :

- favorise la **reproduction dirigée** entre individus sélectionnés pour leur diversité génétique et leur adaptation locale,
- permet une **production régulière de graines de qualité**, destinées aux reboisements futurs,
- limite les risques d'**hybridation** avec d'autres sous-espèces de *Pinus nigra* non endémiques.

En parallèle, des **plantations pilotes de réintroduction** doivent être menées dans des zones écologiquement compatibles au sein ou autour du Parc National du Djurdjura. Ces plantations serviront à :

- tester le comportement et la croissance des plants produits en pépinière,
- restaurer les zones dégradées ou à régénération bloquée,
- sensibiliser les acteurs locaux à la protection de cette essence emblématique.

8.4. Intégration des populations locales dans la préservation

L'implication des populations locales est une composante essentielle dans la conservation durable du Pin noir d'Algérie. Ces communautés, vivant à proximité des forêts du Djurdjura et d'autres massifs, jouent un rôle clé dans la protection et la gestion des ressources forestières.

- La sensibilisation des habitants aux enjeux écologiques et économiques liés au Pin noir est primordiale pour réduire les pressions anthropiques, notamment la coupe illégale, le pâturage excessif et les incendies de forêt. (Anissa, 2017).
- La participation locale peut se traduire par des actions concrètes telles que la surveillance des forêts, la collaboration avec les gardes forestiers, et la promotion de pratiques agricoles et pastorales compatibles avec la conservation. (MEDIOUNI, 2016).
- Des programmes d'éducation environnementale et des partenariats avec les autorités forestières et les ONG renforcent cette intégration, favorisant un sentiment d'appropriation et de responsabilité collective envers le patrimoine forestier.
- Cette approche participative est d'autant plus urgente face aux menaces croissantes liées au changement climatique et aux incendies fréquents qui fragilisent les peuplements de Pin noir. (Djema, 2017).

8.5. Valorisation patrimoniale et écotouristique

Le *Pinus nigra* ssp. *mauretanica*, constitue un patrimoine naturel de grande valeur. Sa préservation ne repose pas uniquement sur des actions scientifiques et écologiques, mais peut également bénéficier d'une valorisation patrimoniale et écotouristique. D'un point de vue patrimonial, ce pin représente un symbole fort de l'identité écologique locale et de la richesse floristique algérienne. Sa reconnaissance comme élément emblématique du Djurdjura contribue à renforcer la sensibilisation à la conservation des écosystèmes montagnards.

Par ailleurs, le développement d'un écotourisme durable autour de ses peuplements, notamment dans les parcs nationaux comme Djurdjura et Chréa, offre des perspectives économiques viables pour les populations locales. Il permet de financer des actions de protection, tout en limitant les impacts négatifs sur l'environnement. En impliquant les communautés locales dans la gestion et la valorisation de cet héritage naturel, on favorise une approche intégrée de conservation et de développement durable.

Conclusion générale et Recommandations

Conclusion générale et recommandations

Le *Pinus nigra* subsp. *mauretanica*, essence relique et endémique du massif du Djurdjura, représente un patrimoine naturel d'exception pour l'Algérie. Ce conifère montagnard, témoin vivant des fluctuations climatiques postglaciaires, occupe aujourd'hui une aire de répartition extrêmement restreinte, fragmentée et menacée. À travers ce travail bibliographique, nous avons mis en évidence la singularité morphologique, écologique et génétique de cette sous-espèce, ainsi que son rôle écologique dans les écosystèmes forestiers de haute montagne.

Cependant, la situation actuelle des peuplements naturels est alarmante : absence de régénération naturelle, faible diversité génétique, isolement géographique, et pressions anthropiques multiples (pâturage anarchique, incendies récurrents, urbanisation croissante). Ces menaces sont exacerbées par les effets du changement climatique, affectant la vitalité des individus et la résilience de leur habitat.

Malgré un cadre juridique de protection existant, les mesures de gestion restent encore insuffisantes, souvent limitées à des protections passives, sans véritable plan d'action ciblé. Ce constat met en évidence la nécessité urgente de mettre en œuvre une stratégie de conservation intégrée, alliant protection stricte des stations naturelles, restauration écologique, programmes de conservation *ex situ*, et implication active des populations locales.

Le cas du *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* illustre pleinement les enjeux de la conservation des espèces endémiques et des forêts reliques en zone méditerranéenne. Il appelle à une mobilisation scientifique, institutionnelle et citoyenne pour préserver ce témoin exceptionnel de la flore nord-africaine.

Afin d'assurer la préservation durable du *Pinus nigra* subsp. *mauretanica*, il est impératif de renforcer les actions de conservation *in situ* dans les stations naturelles restantes. Cela passe par une protection stricte des sites sensibles comme Tigounatine, Tikjda Centre et Tala-Rana, à travers une délimitation physique, l'installation de panneaux signalétiques, et une surveillance accrue par les services forestiers. Des mesures concrètes doivent être mises en œuvre pour limiter les activités humaines destructrices, telles que le pâturage anarchique, la coupe illégale de bois, ou encore les feux non maîtrisés. La régénération naturelle étant quasi inexistante, il est également recommandé de restaurer les conditions écologiques favorables à la germination, en éclaircissant localement le couvert végétal, en protégeant les jeunes semis des herbivores et en limitant la compétition herbacée.

Parallèlement, un suivi écologique à long terme doit être instauré pour évaluer l'évolution des peuplements, leur santé et leur dynamique. Ce suivi devrait reposer sur des placettes permanentes d'observation, avec des mesures régulières de croissance, de régénération, de mortalité, ainsi que des analyses phytosanitaires. Ce dispositif permettrait d'anticiper les impacts du changement climatique et d'adapter les interventions. L'adoption de protocoles de suivi compatibles avec les standards internationaux (FAO, EUFORGEN) favoriserait les comparaisons régionales et la reconnaissance scientifique.

En complément, le développement d'une conservation *ex situ* rigoureuse est fortement recommandé. Celle-ci consiste à récolter du matériel génétique (graines, cônes) dans les stations naturelles, à le stocker dans des banques de semences sécurisées, puis à produire des plants adaptés en pépinières spécialisées. Ces plants, mycorhizés et issus de semences locales, pourront être utilisés dans des projets de reboisement ou de réintroduction dans des zones écologiquement compatibles. La mise en place de vergers à graines permettra également de garantir une production régulière de semences de qualité, tout en maintenant la diversité génétique nécessaire à la résilience de l'espèce.

Un autre levier essentiel réside dans l'implication des populations locales, qui vivent en périphérie du Parc National du Djurdjura. Leur sensibilisation à l'intérêt écologique et patrimonial du pin noir de Djurdjura est cruciale pour limiter les pressions anthropiques. Il convient de promouvoir des pratiques pastorales durables, d'encourager des formes d'écotourisme responsable et de favoriser leur engagement dans les activités de surveillance et de restauration écologique. La conservation de cette essence ne pourra réussir sans l'adhésion et la participation active des communautés locales.

Enfin, il est nécessaire de renforcer la recherche scientifique autour de *Pinus nigra* subsp. *mauretanica*. Les études actuelles restent encore lacunaires, notamment en ce qui concerne la diversité génétique intra-populationnelle, les interactions biotiques (champignons symbiotiques, ravageurs), et la réponse de l'espèce aux stress climatiques. Il est donc recommandé de développer des programmes de recherche multidisciplinaires, en collaboration avec les universités, les instituts forestiers et les gestionnaires d'aires protégées. Ces recherches permettront d'affiner les stratégies de conservation, de restaurer les zones dégradées et de valoriser cette espèce unique dans une perspective de développement durable et de patrimoine vivant.

Références bibliographiques

Références Bibliographique :

1. **Abdesselam, M. 1995.** Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie-Algérie). Thèse doctorat de l'Univ. Franche-Comté. 232p
2. **Adjaoud D. et Aidrous N., 1992.** Contribution à l'étude bio systématique du *Pin* noir du Djurdjura (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *mauretanica*). Mem. Ing. Agr. UMMTO. Algérie. 121 p.
3. **Adjaoud D., 2005.** Étude de la variabilité morphologique et physiologique du Pin noir du Djurdjura *Pinus nigra* Arnold ssp. *Mauretanica*. Mém. Mag. Agr. U.M.M.T.O. (Algérie). 101p
4. **Asmani A., 1993.** "Exploration de la variabilité chez le Pin noir de la forêt de Tigountine (Djurdjura - Algérie) en comparaison avec quelques provenances de pins noirs méditerranéens. Thèse de Magister, UMMTO. Algérie. 156 p.
5. **Asmani.A., 2003.** Plaidoyer pour le pin noir d'Algérie (*Pinus nigra* Arnold ssp.*mauretanica* maire et peyerimohff) - peuplements menaces. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). P01.
6. **Annisa A., 2017.** Contribution à l'étude du cortège floristique du Pin Noir (*Pinus nigra* ssp *mauritanica*, au niveau du Parc National de Chréa. Blida. Mem. Master. Biotech.USDB. Algérie. 94p.
7. **Alami, A. (2011).** *Étude écologique du Pinus nigra ssp. mauretanica dans le massif du Djurdjura* [Mémoire de magistère, Université de Tizi-Ouzou]. Tizi-Ouzou, Algérie.
8. **Barbero, M., Loisel, R., et Quézel, P., 1990.** Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean Basin. *Vegetatio*, 87(2), 151–173.
9. **Bedrane, M., et Boussafeur, A., 2023.** Dynamique des peuplements relictuels de *Pinus nigra mauretanica* dans le Parc National du Djurdjura. Mém. Master. UMMTO. Algérie.
10. **Chalabi B., 1980.** Etude écologique, dendrologique et dendrométrie du Pin noir Algérien (*Pinus nigra* Arn. Ssp *clusiana* Maire et Peyer) à Tikjda : Djurdjura. Mém. Ing. Agr.INA. El Harrach Algérie. 87 p.
11. **Debazac E.-F., 1971.** Contribution à la connaissance de la répartition et de l'écologie de *Pinus nigra* Arn. dans le Sud-Est de l'Europe. *Annales des Sciences Forestières*, EDP.Sciences. 28 : 91-139.

12. **Derridj, A., Abdelli, D., Adjaoud, D., Asmani, A., Fady, B., Hedjam, H., Larbi-Aidrous, N., Zanndouche, O., & Krouchi, F. 2011.** A synthesis on several years study on *Pinus nigra* ssp. *mauretanica* in Algeria. *Abstract Book*, MedPine 4: 4th International Conference on Mediterranean Pines, Avignon, France, 6–10 June 2011 (O8-2, p. 76)
13. **DGF. 2010.** Plan national de reboisement. Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural, Algérie.
14. **Djemai A, Guettas A, Budedjasa S. 2017.** Station INRF D’azazga .Algerie [.https://www.tela-botanica.org/2017/11/article8382/](https://www.tela-botanica.org/2017/11/article8382/).
15. **EUFORGEN. 2003.** Distribution map of *Pinus nigra*. European Forest Genetic Resources Programme. <http://www.euforgen.org>
16. **FAO of the United Nations & Plan Bleu. 2018.** State of Mediterranean forests 2018. Rome, Italy / Marseille, France: FAO / Plan Bleu.
17. **Farjon, A. 2010.** *A Handbook of the World’s Conifers* (Vol. 2). Leiden, Netherlands: Brill Academic Publishers. 600 p.
18. **HEDJAM H, 2019.** Contribution à la caractérisation des décolorations des aiguilles du pin noir (*Pinus nigra* Arnold ssp. *Mauretanica* Maire et Peyer) dans le Parc National du Djurdjura (Algérie). Thèse. Doctorat. Université. Ummto.144P
19. **INRF, 2001.** Étude écologique et cartographique des peuplements de *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* dans le massif du Djurdjura. Rapport interne. Ministère de l’Agriculture, Algérie.
20. **INRF, 2021.** État de la biodiversité forestière en Algérie : Cas du Pin noir du Djurdjura (*Pinus nigra* subsp. *mauretanica*). Rapport technique. Ministère de l’Agriculture et du Développement Rural.
21. **Isajev V., Fady B., Semerci H. et Andonovski V., 2003.** Pin noir (*Pinus nigra*). Fiche technique pour la conservation génétique. EUFORGEN. 1- 6. www.euforgen.org.
22. **Lemoine, M. 1987.** Techniques de production de plants forestiers en pépinières. Éditions du CTBA.
23. **Maire, R. 1952.** Flore de l’Afrique du Nord. Vol. XIII. Lechevalier, Paris.
24. **Maire et Depeyerimhoff. 1927.** Communication sur la découverte du Pin laricio dans le Djurdjura Bull. Soc. Hist. Nat. De l’Afrique du Nord, Tome XVIII, n : 6. méditerranéen. Editions Elsevier, Paris, 193 p.

- 25. Maire, R., et de Peyerimhoff, P. (1927).** Contribution à l'étude de la flore de l'Algérie : Note sur quelques conifères. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 15, 111–118.
- 26. Quezel P. et Medail F., 2003.** Ecologie et Biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. EI SEVIER. Nancy. 408 p.
- 27. Quezel P., 1980 :** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen Act d'écologie Forest-Edit-Pesson, Paris, 225p.
- 28. Quézel, P. 2003.** Taxonomie et répartition du Pin noir dans le bassin méditerranéen. EUFORGEN.
- 29. DFT, 2020.** Manuel technique de plantation forestière. Direction des forêts, Wilaya de Tizi-Ouzou.
- 30. MOULOUDJ, M. A., & MOSTEFAL, M. A. (2023).** Etude de la variabilité morphologique des aiguilles du pin noir du Djurdjura. Tizi-ouzou: Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-ouzou.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE SAAD DHLEB-BLIDA 1



Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département de Biotechnologie et Agro-Ecologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme master dans le domaine SNV

Filière Science Agronomique.

Spécialité : Sciences Foresteries

Thème

Analyse et préservation

Du *Pinus nigra ssp. mauretunica*

Réalisé par :

- **SEDDIK Fatma Zohra**
- **NEMDILE Ouacila**

Devant le jury :

Nom	Grade	Lieu	Qualité
Mr OUELMOUHOUB Samir	MCB	USDB1	Président
Mme LEMITI Salima	MCB	USDB1	Examinatrice
Mr AKLI Adel	MAA	USDB1	Encadreur

Année Universitaire : 2024/2025