

Résultats des études génétiques sur le Pin de Salzmann (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) et perspectives de gestion sur le site Natura 2000 de la Vallée du Gardon de Mialet.

Sobczak Lucile¹, Capon Luc², Scotti-Saintagne Caroline³, Fady Bruno⁴

¹ Communauté de communes des Cévennes au Mont-Lozère, Pôle de Sainte-Croix-Vallée-Française : Maison de la communauté - 48110 Sainte-Croix-Vallée-Française. Email : naturamialet.chg@orange.fr

² Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, 26 Allée de Mycènes - 34000 Montpellier. Email : luc.capon@cen-occitanie.org

³ INRAE, Unité de recherche Ecologie des Forêts méditerranéennes (URFM), Domaine Saint Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9. Email : caroline.scotti-saintagne@inrae.fr

⁴ INRAE, Unité de recherche Ecologie des Forêts méditerranéennes (URFM), Domaine St Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon, Cedex 9. Email : bruno.fady@inrae.fr

Mot clés : col d'Uglas (30) ; analyse génétique ; gestion

Résumé :

Les pinèdes à pin de Salzmann forment un habitat prioritaire de la directive européenne Habitat Faune Flore et elles constituent un écosystème menacé. Cette sous-espèce de Pin noir est endémique du bassin méditerranéen, et en France des peuplements naturels subsistent sur seulement quelques stations. Le site Natura 2000 « Vallée du Gardon de Mialet » accueille un de ces peuplements au col d'Uglas. Afin de mieux connaître sa distribution, une expertise génétique, financée par les fonds Natura 2000, a été commanditée auprès d'INRAE d'Avignon. Elle a permis de valider l'existence d'une aire de répartition d'environ 200 ha, de démontrer que le secteur ancien est composé d'une majorité de Pin de Salzmann et que sa conservation semble assurée par la présence de semis. Enfin, un secteur éloigné a été découvert à plus de 5 km. Pour finir, diverses actions de conservation en faveur de ce pin sont menées grâce à une collaboration étroite entre chercheurs, gestionnaires et collectivités locales.

1. Introduction

Les pinèdes (sub)-méditerranéennes de pins noirs endémiques « Pin de Salzmann » (9530) (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco), constituent un habitat d'intérêt communautaire et prioritaire de la directive européenne habitat faune flore (HFF). Cette directive s'applique à l'ensemble des pays membres de l'Union européenne et elle

établit un cadre pour la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvage. Les pinèdes à Pin de Salzmann ont été désignées par l'IUCN comme étant l'écosystème forestier méditerranéen le plus menacé en France et sont évaluées comme étant un habitat En Danger sur la liste rouge des écosystèmes en France (IUCN, 2018). Elles sont composées de Pin de

Salzmann, qui est une sous-espèce de Pin noir (*Pinus nigra* Arnold) originaire du bassin méditerranéen. En France continentale, il est le seul Pin noir autochtone et sa résistance à la sécheresse avec sa rusticité semblent être la plus marquée des pins noirs (Fady et al. 2011). Plusieurs menaces pèsent sur cet habitat, tel que le risque d'hybridation du Pin de Salzmann avec les pins noirs laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. *laricio* Palib. ex Maire) et d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *nigra*) introduits à proximité. Également, la coupe et l'intensification du risque incendie sont des menaces directes.

En France, le Pin de Salzmann est en limite d'aire de répartition et on estime que les peuplements ne couvrent pas plus de 5 000 ha (Fady et al. 2011). On les retrouve, principalement, dans le sud Ardèche, dans les gorges du Tarn en Lozère, sur le col d'Uglas dans le Gard, à St-Guilhem-le-désert dans l'Hérault et dans la région du Conflent dans les Pyrénées orientales. Il y a donc une forte responsabilité régionale vis-à-vis de cet habitat.

La population du col d'Uglas se trouve sur deux sites Natura 2000, la Vallée du Gardon de Mialet et la Vallée du Galeizon. Le site Natura 2000 de la Vallée du Gardon de Mialet est une zone spéciale de conservation désignée au titre de la directive HFF. Il se situe dans les Cévennes, à cheval sur la Lozère et le Gard et il est d'une superficie de 24 300 ha. Le document d'objectif (DOCOB) du site a été élaboré en 2009 et son

animation a commencé en 2011. Il est composé de 26 habitats et 23 espèces d'intérêt communautaire. Lors de la réalisation du DOCOB, 2,1 ha de pinèdes à pin de Salzmann ont été recensés sur le col d'Uglas. On y trouve des individus établis entre 1766 et 1859 qui sont considérés comme des pins de Salzmann autochtones, car leur âge (entre 164 et 258 ans en 2024) est antérieur aux plantations liées aux lois de 1860 et 1882 sur la restauration et la conservation des terrains en montagne (RTM). En effet, au vu du risque d'hybridation qui existe et des similitudes entre les sous-espèces, l'identification uniquement morphologique est peu fiable. À dire d'expert, le taux d'erreur s'élève à 50 %, tout particulièrement en milieu ouvert. Pour les individus établis après 1860, l'identification taxonomique nécessite une validation par une analyse génétique.

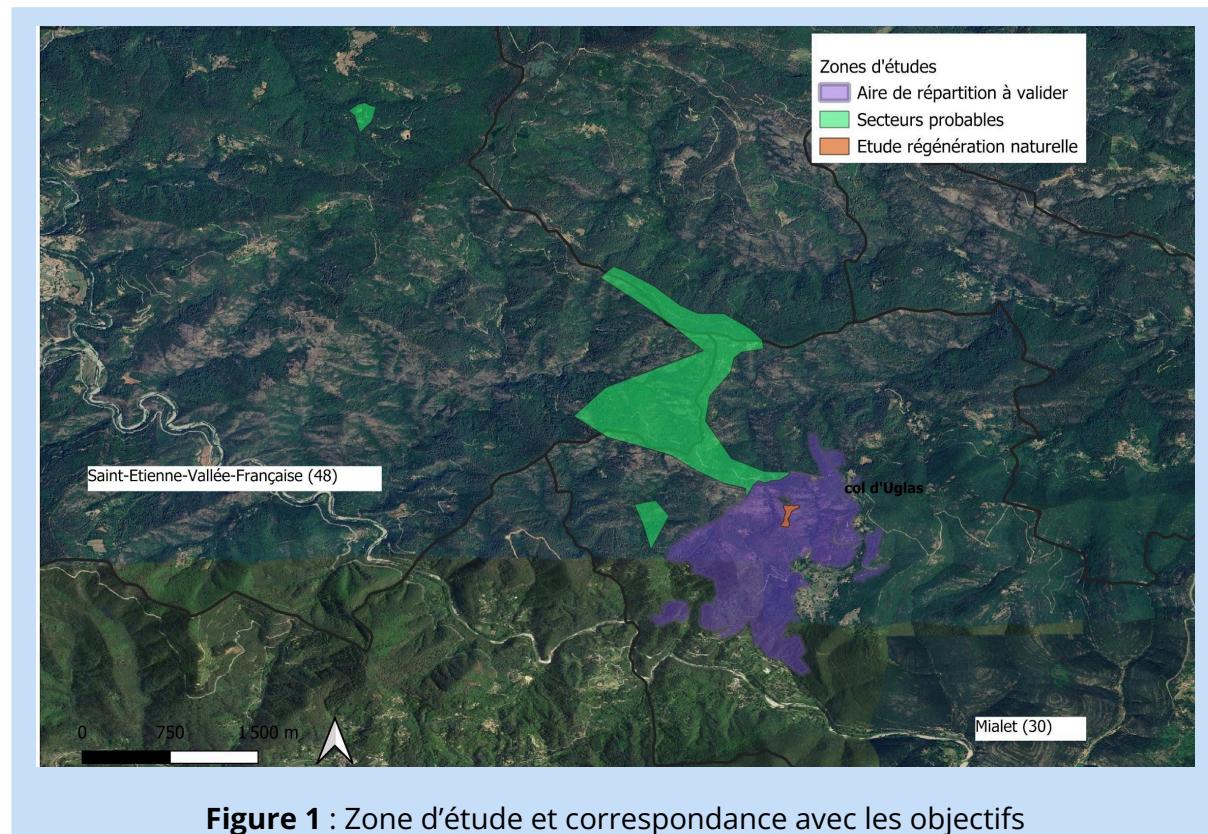
La conservation de ces pins représente un enjeu fort et prioritaire pour le site Natura 2000. Nous pouvons ajouter à cela que les différents peuplements de Pin de Salzmann montrent des différences génétiques à l'échelle régionale. Les pins de Salzmann du Col d'Uglas représentent un groupe génétique qui se distingue des autres (Scotti-Saintagne et al. 2023). Sur la vallée du Gardon de Mialet, différentes actions ont été menées dans le but d'améliorer les connaissances vis-à-vis de ces arbres. En 2015, un stage (niveau BTS) a permis de créer une clé de détermination morphologique du Pin de

Salzmann. En 2017 un inventaire complémentaire a été réalisé puis en 2019 une étude génétique sur 40 individus a été faite. En 2020, un travail de terrain important a été réalisé pour pré-identifier et mettre à jour l'aire de répartition locale de ce pin. Enfin, en 2022, à la suite du travail de terrain de 2020, une expertise génétique a été faite sur les 450 individus pré-identifiés, et cela pour répondre à trois objectifs (Fig. 1) :

- la validation génétique de l'aire de répartition locale pré-identifiée,

- la recherche et validation de nouveaux secteurs probables de présence,

- l'estimation du nombre de pins de Salzmann dans le peuplement ancien, dont les semis afin d'évaluer la capacité de renouvellement de l'habitat.



2. Matériels et Méthodes

L'expertise réalisée par INRAE (URFM et UEFM, Avignon) (Scotti-Saintagne et al. 2022), s'est déroulée en trois grandes parties (échantillonnage, analyse génétique et analyse statistique) et sera résumée dans le paragraphe suivant.

L'échantillonnage a été réalisé en prélevant des aiguilles du houppier sur 450 arbres préalablement repérés (adultes et semis). Chaque arbre a été géoréférencé par GPS Garmin, numéroté et étiqueté.

Ensuite, une extraction d'ADN a été réalisée au laboratoire et les arbres

échantillonnés ont été caractérisés par 72 locus bi-alléliques mis au point au cours du projet Européen GenTree. Les génotypes obtenus ont été comparés à la base de données de référence de Pin noir d'INRAE.

Pour finir, différentes analyses statistiques ont été faites par INRAE. Nous présenterons seulement celles permettant une identification taxonomique. Deux méthodes ont été utilisées :

- Méthode de vraisemblance avec le logiciel GeneClass2 (Piry et al., 2004), pour comparer les fréquences des allèles des arbres échantillonnés avec des populations de référence.
- Méthode par la recherche de populations à l'équilibre de Hardy-Weinberg avec le logiciel STRUCTURE (Pritchard et al., 2002).

Concernant l'assignation finale, les analyses étant indépendantes, par principe de précaution, les arbres qui étaient détectés hybrides par au moins une des deux analyses ont été considérés comme hybrides.

3. Résultats

3.1 Validation génétique de l'aire de répartition

Sur l'aire de répartition pré-identifiée en 2020, 91 échantillons ont été analysés. 87.5 % des échantillons sont assignés comme des Pins de Salzmann, 9.9 % sont des hybrides, 4.4 % n'ont pas pu être identifiés (Fig. 2). Ainsi, avec ces résultats, nous pouvons valider l'aire de répartition locale pré-identifiée. L'aire de répartition du Pin de Salzmann sur le col d'Uglas passe donc de 2.1 ha en 2009 à plus de 200 ha en 2022, ce qui confirme une évolution importante des connaissances.

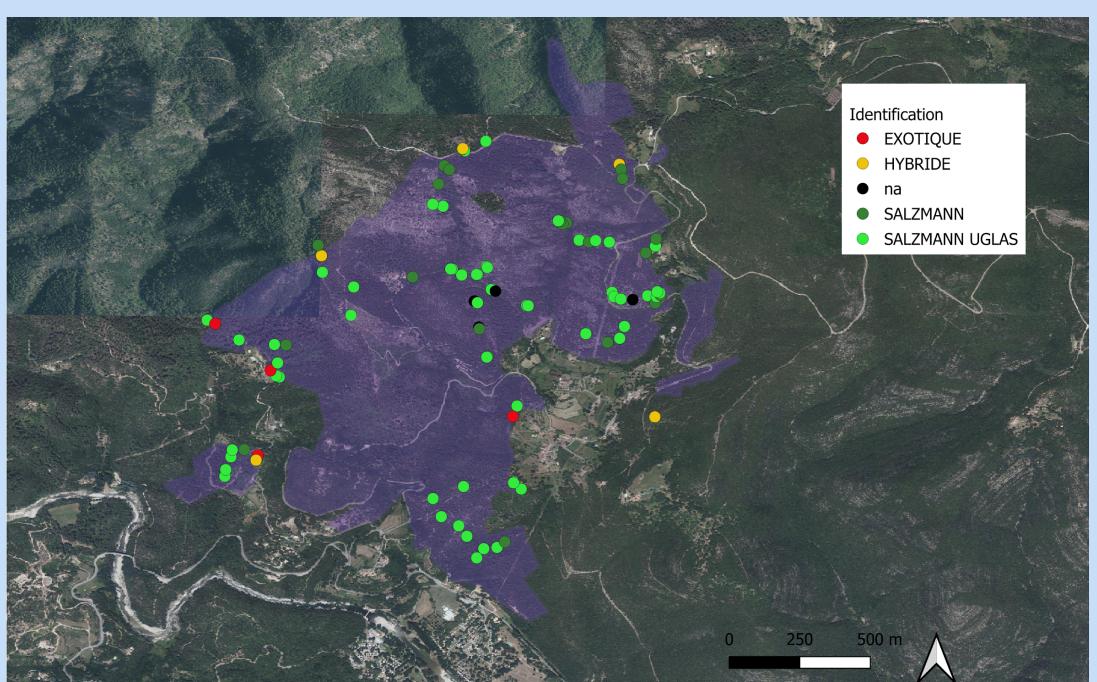


Figure 2 : Résultats de l'identification sur l'aire de répartition pré-identifiée

3.2 Recherche de nouveaux secteurs probables de présence du Pin de Salzmann

Concernant la recherche de nouveaux secteurs de présence, il en ressort l'identification d'une nouvelle zone éloignée du col d'Uglas à plus de 5 km à vol d'oiseau (Fig. 3, zone n°1) (commune

de Saint-Étienne-Vallée-Française). Concernant les autres zones, le petit secteur identifié à l'ouest de l'aire de répartition a été validé (Fig 3, zone n°2). Le secteur de la forêt domaniale des Gardon (Nord-ouest de l'aire de répartition), quant à lui, présente très peu de pins de Salzmann parmi les individus analysés (Fig. 3, zone n°3).

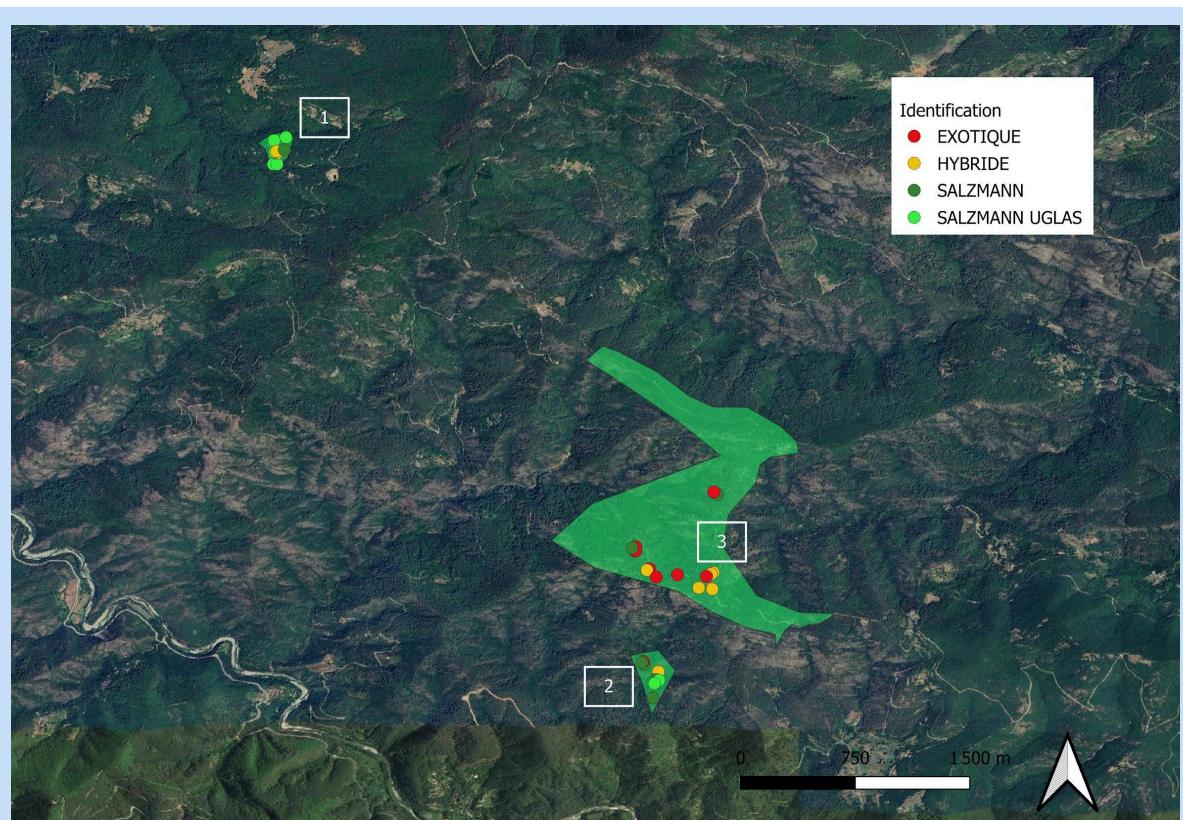


Figure 3: Résultats de l'identification sur les secteurs probables.

[1] : zone n°1 ; [2] : zone n°2 ; [3] : zone n°3.

Vert : secteurs probables ; violet : secteur aire de répartition

3.3 Taux de présence des pins de Salzmann dans le peuplement ancien

Dans la zone du peuplement ancien, 317 pins ont été analysés. Sur ces arbres, 96.7 % sont des pins de Salzmann et 2.1 % sont des hybrides.

Parmi les 317 échantillons, 245 sont des arbres adultes mis en place après 1860. Parmi ces 245, 98 % sont de la sous-espèce Pin de Salzmann, 1.2% sont des hybrides et 0.8 % n'ont pas pu être déterminés.

Enfin, parmi ces 317 prélèvements, 72 sont des semis, dont 92 % sont des pins de Salzmann, 7% sont des hybrides et 1 % n'ont pas pu être déterminés (Fig. 4).

Ainsi, dans le peuplement ancien, 98 % des adultes établis après 1860 sont des pins de Salzmann. De plus, 92 % des

semis sont de la sous-espèce Salzmann dans le peuplement ancien, ce qui démontre un renouvellement de l'habitat. La conservation de l'habitat Pinède à Pin de Salzmann semble donc assurée. Enfin, la présence de semis hybrides indique l'existence d'hybridation récente entre pins noirs.

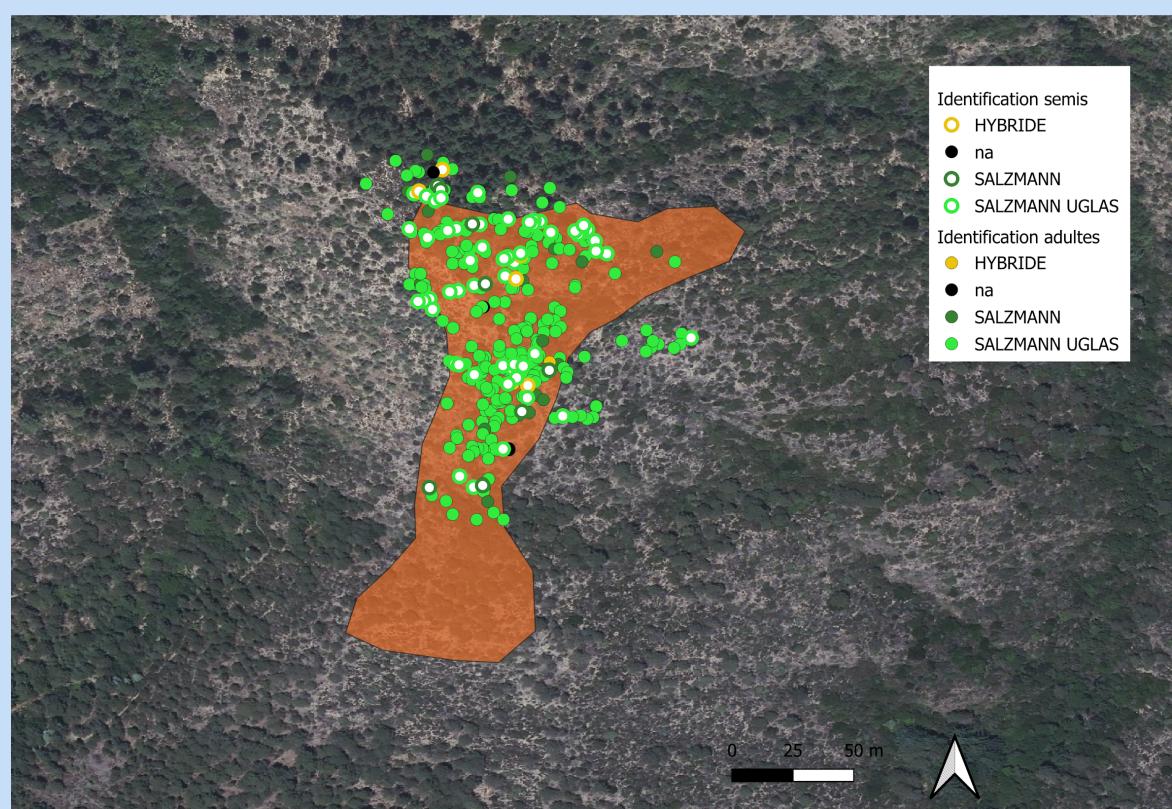


Figure 4 : Résultats de l'identification sur le secteur ancien

4. Perspectives

4.1 Perspectives d'études scientifiques

De nombreuses connaissances et processus sont encore à comprendre et à approfondir à propos de la biologie du Pin de Salzmann et plus globalement des interactions entre pins noirs. C'est pourquoi les études scientifiques

apparaissent comme essentielles. L'unité de recherche INRAE écologie des forêts méditerranéennes (URFM) d'Avignon travaille en collaboration avec l'ONF (département R&D) sur la modélisation des flux de gènes afin d'estimer un seuil à partir duquel le taux d'hybridation d'une population entraînerait un risque pour la conservation du Pin de Salzmann.

Également, un travail est réalisé afin d'étudier l'influence de la distance entre les pins noirs d'Autriche et laricio, et le Pin de Salzmann sur l'effectivité de leur hybridation (projet européen Optforests).

En ce qui concerne le site Natura 2000, l'identification de nouveaux secteurs soulève un questionnement vis-à-vis de la continuité entre les peuplements de Pin de Salzmann. Existe-t-il des échanges génétiques entre ces peuplements ?

4.2 Perspectives de gestion sur le site Natura 2000

Afin de tendre vers la conservation de l'habitat pinède à pin de Salzmann, différentes actions de gestion sont en cours et en développement sur le site Natura 2000.

Le Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie a notamment acquis 6.5 ha au niveau du col d'Uglas, avec une perspective de 15 ha supplémentaire suite à une action d'animation foncière réalisée avec le site Natura 2000. Ces acquisitions permettront une préservation de l'habitat et la réalisation d'actions de gestion concrètes (conversion des pins exotiques, hybrides...), durables et suivies en faveur de la conservation de la pinède à pin de Salzmann.

Également, un contrat Natura 2000 porté par la communauté de communes des Cévennes-au-Mont-Lozère a été mis en place pour réaliser une plantation de Pin de Salzmann, en collaboration avec

l'INRAE d'Avignon et l'ONF. Ce sont un peu plus de 300 pins qui ont été plantés et qui sont des greffons des 45 plus vieux arbres du col d'Uglas (établis après 1860), dans une optique de préservation de la ressource génétique. Les plantations ont été réalisées en 2019 et 2022 et sont suivies.

L'hybridation étant une menace pour la conservation des pins de Salzmann, réduire ou limiter le taux d'hybridation semblerait une mesure de gestion efficace en convertissant les peuplements de Pin laricio ou d'Autriche qui se trouvent à une distance proche. Également, un travail pour conserver le patrimoine génétique authentique de ces arbres pourrait être réalisé en éliminant les individus hybrides et exotiques à travers des contrats Natura 2000 ou des chantiers bénévoles, par exemple.

Enfin, à terme l'obtention d'une labellisation en peuplement classé pour la récolte de graines pourrait permettre une gestion pérenne du patrimoine génétique de ces arbres dans un objectif d'utilisation. L'obtention du statut d'unité de conservation (UC) des ressources génétiques du pin de Salzmann de la Commission Ressources Génétiques Forestières (CRGF) et son inscription au registre national serait idéal dans un objectif de conservation pérenne.

5. Conclusion

Pour conclure, le lien entre les différents organismes paraît essentiel pour concourir à la conservation de la pinède

à Pin de Salzmann. Les collaborations étroites entre les organismes de recherche, les gestionnaires et les collectivités ont permis de faire évoluer les connaissances et ont permis de mener des actions de conservation. En effet, grâce à l'INRAE d'Avignon de nombreuses études et recherches sont effectuées sur le Pin de Salzmann, la commune de Mialet a mis en place un outil appelé « zone de préemption espaces naturels sensibles » et les gestionnaires (Conservatoire d'espace naturel d'Occitanie, Office National des Forêts, Communauté de communes des Cévennes au Mont Lozère...) réalisent ou vont réaliser des actions de gestion et de conservation. Le tout, dans l'objectif de conserver cet habitat Natura 2000 d'intérêt communautaire et prioritaire à l'échelle de l'Europe : la pinède à Pin de Salzmann.

6. Références Bibliographiques

- Fady B., Cambon D., Royer J. 2011. Conserver les ressources génétiques du pin de Salzmann en France (*Pinus nigra salzmanni*). Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - DGPAAT 19, avenue du Maine - 75732 Paris cedex 15. 4 pages (https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/Fiche_Conservation_Pin_de_Salzmann_cle8a6db7.pdf)
- Piry S, Alapetite A, Cornuet J-M, Paetkau D, Baudouin L., Estoup A 2004. GeneClass2: A Software for Genetic Assignment and First-Generation Migrant Detection. *Journal of Heredity* 95, 536-539.
- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P, 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, 155, 945-959.
- Scotti-Saintagne, C., Fady, B., Roig, A., Touhami, N., Pringarbe, M., et al.. Expertise génétique pour l'identification taxonomique (au niveau sous espèce) de quatre cent cinquante arbres appartenant à l'espèce *Pinus nigra* Arnold dans la Vallée de Mialet (Gard). INRAE URFM; UEFM. 2022. <hal-04770866>
- Scotti-Saintagne, C., de Sousa Rodrigues, A., Roig, A., & Fady, B. (2023). A comprehensive strategy for the conservation of forest tree genetic diversity: an example with the protected *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco in France. *Conservation Genetics*, 1-12.
- UICN France, 2018. La Liste Rouge des Écosystèmes en France - Chapitre Forêts méditerranéennes de France métropolitaine, Paris, France.