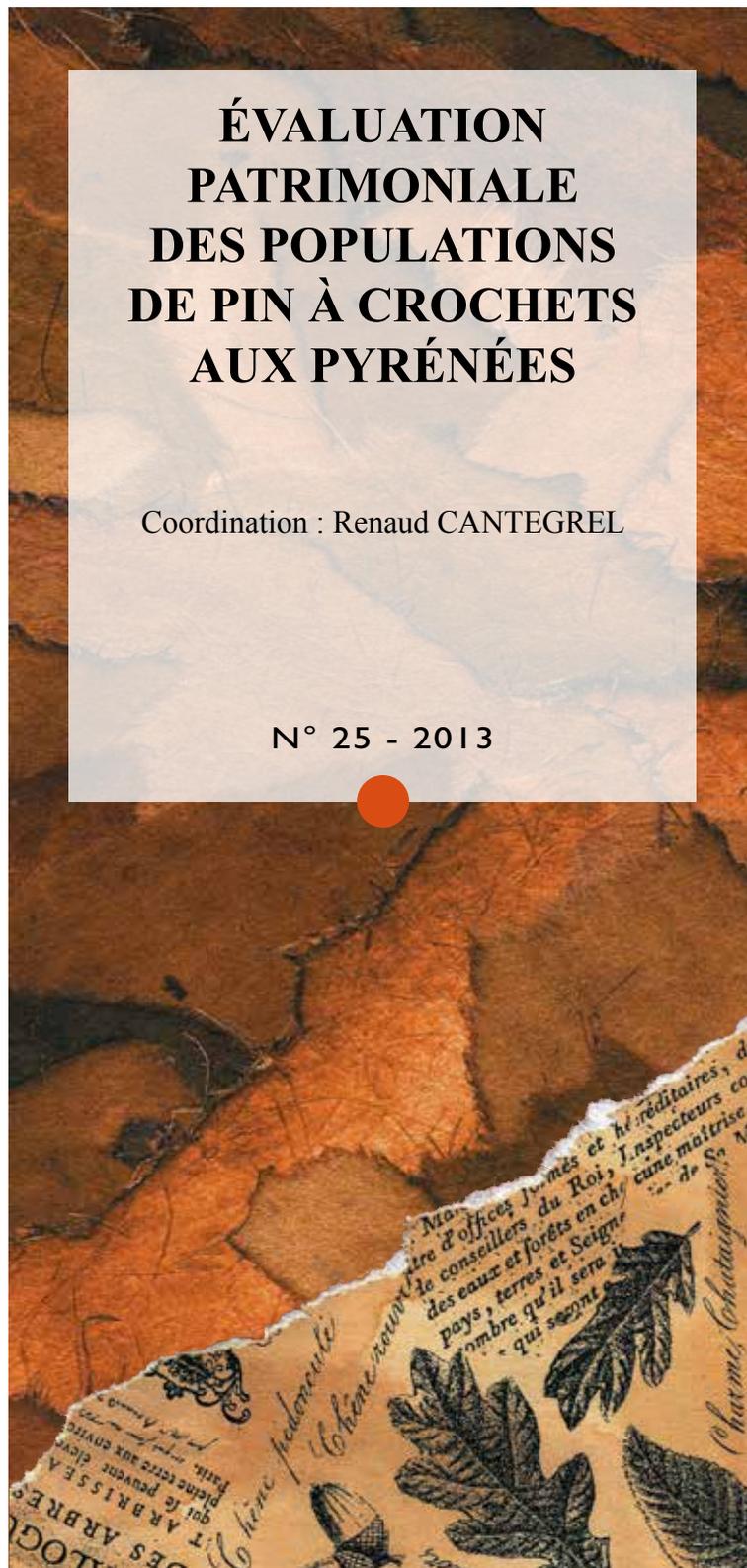


ÉVALUATION PATRIMONIALE DES POPULATIONS DE PIN À CROCHETS AUX PYRÉNÉES

Coordination : Renaud CANTEGREL

N° 25 - 2013



OFFICE NATIONAL DES FORÊTS

OFFICE NATIONAL DES FORÊTS

Évaluation patrimoniale des populations autochtones de Pin à crochets (Pinus uncinata Ramond) aux Pyrénées

Collection dossiers forestiers, n° 25

ISBN : 978-2-84207-376-3

Direction de la collection : Bernard GAMBLIN

Coordination de la rédaction, de l'édition et des corrections : Véronique Vinot et Christine Micheneau

Collection créée par : Geneviève Rey

Mise en page : Katy Elvira

Maquette de couverture : Cavin & Boitier

Imprimé en France (Imprimerie ONF de Fontainebleau)

Mai 2014

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992 - art. 40 et 41 et Code pénal - art. 425).

**ÉVALUATION PATRIMONIALE
DES POPULATIONS AUTOCHTONES
DE PIN À CROCHETS (*PINUS UNCINATA* RAMOND)
AUX PYRÉNÉES**

Synthèse relative à la diversité génétique du Pin à crochets et ses liaisons avec le Pin sylvestre, la nomenclature, l'utilisation historique, la toponymie, les habitats, les stations forestières, et la faune patrimoniale des peuplements pyrénéens.
Conséquences sur la gestion multifonctionnelle des pineraies d'altitude.

Coordination : Renaud CANTEGREL

LES DOSSIERS FORESTIERS n° 25

2013

Édité par l'Office national des forêts

2 avenue de Saint-Mandé - F - 75 570 Paris cedex 12

www.onf.fr

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier ici l'équipe de collaborateurs sans qui ce dossier dédié au Pin à crochets des Pyrénées n'aurait pu voir le jour. De profils aussi divers que chercheurs, experts forestiers, spécialistes de la faune, de la flore ou des habitats, gestionnaires forestiers publics et privés, réseaux naturalistes et forestiers de terrain, ils mettent en commun leurs savoirs et leur passion pour un écosystème d'altitude majeur de la montagne pyrénéenne.

Collaborateurs du présent numéro

Ingénieur en chef du génie rural, des eaux & des forêts	Michel Bartoli
École d'ingénieurs de Purpan	Hervé Brustel
ONF – Réseau biodiversité des Pyrénées	Renaud Cantegrel
ONF – Bureau d'études Pyrénées occidentales	Christophe Chauliac
GEIE Forespir - Toulouse	Sébastien Chauvin
L'Atelier des cimes – 66 500 Campôme	Hélène Chevallier
Centre tecnològic forestal de Catalunya – Generalitat de Catalunya	Lluís Coll
Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées	Gilles Corriol
ONF – Réseau Habitats-Flore	Delphine Fallour-Rubio
GEODE - Université de Toulouse-Le Mirail	Didier Galop
Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées	Raphaële Garreta
ONF – Réseau avifaune	Patrick Harlé
ONF – Réseau Habitats-Flore	Mickael Kaczmar
ONF – Réseau Habitats-Flore	Florence Loustalot-Forest
ONCFS - Centre national de recherche appliquée sur la faune de montagne	Emmanuel Ménoni
Bureau d'études FAIG Bé – 66 500 Campôme	Jean-Michel Mivière
ONF - Agence Aude – Pyrénées-Orientales	Stéphane Nouguier
Parc naturel régional des Pyrénées catalanes	Laurie Sivade
Laboratori de botànica, Université de Barcelone (Catalogne) – Espagne	Joan Vallès
ONF – Réseau entomologie	Cyrille Van Meer
Instituto pirenaico de ecología, Jaca (Huesca) – Espagne	Luis Villar

Une mention particulière est accordée à Michel Hermeline, chef du département Biodiversité et directeur adjoint de l'Environnement et des Risques naturels (DERN) à l'Office national des forêts, qui a soutenu ce projet dès sa genèse. Sans oublier l'efficace contribution de Patrice Hirbec, chargé de mission au même département Biodiversité.

Comment terminer sans évoquer le professionnalisme du personnel chargé de la publication technique à l'ONF ? À Véronique Vinot (DERN), Christine Micheneau (DTCB : Direction technique et commerciale bois) et Jacques Salvador (Imprimerie), pour la relecture du manuscrit, la mise en forme et la publication de l'ouvrage, va toute notre gratitude.

Rédigé en Béarn le 21 février 2013

Renaud Cantegrel

LE MOT DE LA RÉDACTION

Au monde divers des essences forestières qui peuplent nos montagnes, il en est une, fédératrice hors pair : le Pin à crochets. Peu d'arbres en effet concentrent sur leur identité, leur passé, leur biologie, leur relation avec les sociétés montagnardes, leur avenir, et même leur sylviculture, autant d'attention que ce Pin « sauvage » qui, depuis Louis de Froidour au XVII^e siècle, interrogeait déjà les auteurs anciens et continue de susciter nombre de débats passionnés.

Pour preuve le foisonnement des approches rassemblées dans le présent Dossier forestier, issu d'une communauté de spécialistes et de praticiens pyrénéens transfrontaliers qui excellent dans des domaines aussi variés que la botanique, la biogéographie, l'ethnographie, la diversité animale et végétale, la génétique forestière, la biologie des écosystèmes, sans oublier la foresterie.

Même si le Pin à crochets représente une essence mineure parmi les grands massifs forestiers de l'hexagone, pesant à peine plus de 55 000 ha, c'est bien le double de cette superficie qui couvre les deux versants des Pyrénées, avec une prépondérance marquée pour la Catalogne franco-ibérique !

Au-delà d'une ressource ligneuse insuffisamment valorisée, les populations de Pin à crochets recèlent une richesse inégalée parmi les écosystèmes d'une montagne sise à la charnière des domaines boréoalpin et oro-méditerranéen. On songe bien entendu à la faune emblématique des forêts altimontaines et subalpines, et plus largement à la biodiversité des habitats si contrastés dominés par *Pinus uncinata*.

C'est dire le défi à relever par les forestiers publics et privés des Pyrénées pour amplifier et parfaire la gestion, durable et multifonctionnelle, des massifs de Pin à crochets ! Challenge d'autant plus passionnant que bien des peuplements possèdent, depuis l'origine, une vocation sylvo-pastorale et qu'aujourd'hui la plupart d'entre eux sont classés en site Natura 2000.

Afin de jeter les bases d'une gestion patrimoniale des pineraies d'altitude, les forestiers s'entourent ici des avis scientifiques et techniques de nombreux contributeurs qui apportent un éclairage souvent méconnu des biocénoses à *Pinus uncinata*. Qu'ils soient ici chaleureusement remerciés pour l'énergie et l'enthousiasme déployés pour mener à bien cette stimulante entreprise.

Il appartient à présent aux propriétaires forestiers et aux gestionnaires de mettre en œuvre les préconisations sylvicoles rassemblées ici, en préservant la multifonctionnalité de ces espaces d'exception.



diapo R. Cantegrel, 1979

Pinus uncinata sous le Pic de Ramoun au massif de Néouvielle.
Ramoun est la transcription locale de Ramond, l'« inventeur »
du Pin à crochets à la fin du XVIII^e siècle.

PRÉFACE

Seigneur pyrénéen des hautes altitudes où il règne sans partage, inscrivant sur le ciel d'Espagne ses silhouettes tourmentées, le Pin à crochets impose au regard des hommes son audace conquérante et ses vertus paysagères depuis la proue occidentale des crêtes basco-béarnaises qui précèdent le massif d'Anie au-dessus de la houle verte et dense de la hêtraie, jusqu'aux contreforts orientaux du Canigou catalan où il prend le relais des peuplements de Pin sylvestre. Avidé de lumière et d'espace, il affirme son pouvoir dès que la roche affleure, que la pente se raidit, que l'arête se profile, que le chaos de blocs rocheux s'érige en ressaut, à proximité des estives et des cabanes pastorales, providence du berger industriel par les ressources de son bois et de ses sécrétions résineuses mises à profit de mille façons.

Au-delà de ses qualités esthétiques qui ont inspiré peintres, photographes, poètes et guides touristiques, des multiples services rendus aux hommes, cet être exceptionnel par sa longévité et sa vitalité dans des milieux hostiles a suscité dès la fin du XVII^e siècle l'intérêt des naturalistes, des scientifiques et des responsables forestiers. La diversité de ces approches se trouve développée dans ce dossier :

- Dès le départ une identification précise s'impose pour notre Pin. Une révision nomenclaturale vient clarifier un empilement d'observations et de critères de détermination confus, mise au point à partir des travaux de Ramond de Carbonnières (1755-1827) père du pyrénéisme qui délivre un nom latin « *Pinus uncinata* » repris et confirmé par Augustin Pyramus De Candolle (1778-1841) dans les « Additions et corrections de la Flore française » de Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829).
- L'étude approfondie des habitats qui l'accueillent sur des substrats aussi variés que calcaires, grès, schistes, gneiss, granites ou accumulations de tourbe nécessite inventaires et analyses phytosociologiques détaillés pour chaque milieu.
- La déprise pastorale s'accompagnant d'une reconquête naturelle de l'espace supra-montagnard, le suivi de cette régénérescence et de sa dynamique devient un sujet passionnant.
- La conduite des reboisements artificiels s'inspirant du processus naturel, engagés pour la restauration des terrains de montagne et la valorisation paysagère en altitude avec le souci de bénéficier des meilleures garanties dans le choix d'arbres adaptés aux projets, bénéficie aujourd'hui de typages génétiques prenant en compte les populations naturelles des différents massifs clairement identifiés.
- Ainsi, la création d'un label d'origine repose sur un échantillonnage précis de la diversité génétique avec la mise au point de protocoles de récolte et de conservation des semences parfaitement classées.
- Les conditions d'un avenir économique pour cette remarquable essence sont à présent facilitées par la caractérisation de stations forestières destinées à la production de bois, pouvant s'associer à des pratiques pastorales.
- Les enjeux écologiques bien documentés permettent la gestion et la conservation d'une biodiversité particulièrement riche et originale dans le domaine de l'avifaune avec l'emblématique Grand Tétrás et dans celui de l'entomofaune.

La présentation *in fine* du guide de gestion sylvicole détaillé, synthèse des préconisations les mieux adaptées à la conduite de la conservation et de la création des peuplements forestiers d'altitude, est le meilleur aboutissement possible de cette longue démarche, permettant d'orienter efficacement et durablement une pratique éclairée et responsable des actions de terrain et de leur préparation.

Projet ambitieux sans doute, dont l'initiateur, l'artisan et le coordinateur Renaud Cantegrel, solide chercheur, a donné sa mesure dès 1982 lors de la préparation, de la soutenance et du succès de sa thèse de doctorat dans le cadre d'une étude de biocénose forestière de haute altitude sous la direction de Claude Dendaletche. La longue et fructueuse expérience acquise au cours de quatre décennies d'activité professionnelle au sein du ministère chargé de l'Agriculture et de la forêt ou de l'Office national des forêts, la qualité des collaborateurs associés à cet ouvrage, apportent les meilleures garanties d'un contenu scientifique de haut niveau conciliant à la fois les enjeux écologiques sensibles et les perspectives de valorisation économique concrète qui s'inscrivent parfaitement dans les préoccupations de notre époque et donnent plus de corps et d'importance à ce symbole vivant de la haute montagne pyrénéenne.

Il est bien loin le temps (plus de trente ans déjà!) où à l'initiative de Claude Dendaletche, professeur de biologie à l'UPPA¹, nous étions réunis dans le cadre de recherches pluridisciplinaires sur les biocénoses de haute altitude alors assorties « d'une réflexion méthodologique au-delà d'une collecte de documents tous azimuts² », le temps de ces journées d'investigations harassantes dans le dédale montueux des « Bracas » de la Pierre Saint-Martin, ou de celui des « Arres » de l'Anie, recueil d'observations dont l'exploitation sur le champ était suivie d'échanges et de commentaires animés poursuivis pendant le repas pris en commun, avant un repos réparateur doucement instillé par la guitare de Renaud égrenant ses mélodies en guise de berceuse.

Salies-de-Béarn, 14 novembre 2012

Marcel Saule

Botaniste, auteur de la Grande flore illustrée des Pyrénées

¹ Université de Pau et des Pays de l'Adour

² Claude Dendaletche, 1983 - Biocénoses d'altitude. La forêt subalpine, Pyrénées. *Acta biologica montana* 2-3.

RÉSUMÉ

Sans viser l'exhaustivité, le présent dossier s'articule en 5 parties qui permettent d'approcher l'état des connaissances de l'espèce et des biocénoses dominées par *Pinus uncinata* :

- 1• **Le statut et le repérage de l'espèce** que les auteurs anciens qualifiaient de « pin sauvage », comme le Pin sylvestre, composent la première partie du dossier. Elle résulte d'une communication de Renaud Cantegrel au colloque *Les plantes de montagne : regards et débats sur un patrimoine* organisé du 6 au 8 novembre 2009 par l'Université de Toulouse-Le Mirail en partenariat avec le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP).
- 2• **Les approches historique et ethnographique du Pin à crochets** constituent la deuxième partie. Elles montrent qu'après des déboisements plurimillénaires détaillés par Didier Galop, la reconquête de *Pinus uncinata* fut d'abord de la main de l'homme avant que la déprise agro-pastorale n'accélère le processus au siècle dernier comme le soulignent Michel Bartoli et Jean-Michel Mivière. Luis Villar, Raphaële Garreta et Joan Vallès dévoilent la richesse des noms vernaculaires de notre pin de montagne et de la toponymie sur les deux versants de la chaîne, témoignage émouvant des sociétés pyrénéennes confrontées à ces espaces depuis des temps immémoriaux.
- 3• **La biodiversité génétique neutre de Pinus uncinata** fait l'objet de la 3^e partie présentée par Renaud Cantegrel. Il s'agit d'une synthèse inédite du programme FEDD 2007-2010 (fonds de l'environnement et du développement durable de l'ONF) intitulé *Évaluation patrimoniale des populations de pins sauvages aux Pyrénées*. Résultant d'un partenariat ONF-INRA-CBNPMP, l'étude explicite la structuration génétique des pineraies selon les bassins orographiques du versant nord des Pyrénées, et les caractéristiques de l'introgession avec les populations de Pin sylvestre.
- 4• **La diversité écosystémique** est appréhendée dans la 4^e partie par Florence Loustalot-Forest qui dresse une synopsis des habitats pyrénéens du Pin à crochets. Par ailleurs Renaud Cantegrel s'attarde sur une population marginale exceptionnelle, la pineraie karstique du massif d'Anie, dans une communication présentée au colloque de karstologie tenu à Arette – La Pierre St Martin du 6 au 9 novembre 2007. Tandis qu'Hélène Chevallier détaille les stations forestières dont la caractérisation est particulièrement aboutie dans les Pyrénées catalanes au travers du Manuel forestier.
- 5• **La faune patrimoniale des pineraies sauvages** est évoquée dans la 5^e partie, aussi bien sous l'aspect des bio-indicateurs saproxyliques, que des Vertébrés emblématiques des pineraies d'altitude. On doit à la plume de Cyrille Van Meer et Hervé Brustel une note sur l'intérêt des coléoptères caractéristiques de ces peuplements forestiers. Elle suit un zoom sur le Coq de bruyère, extrait de la *Réflexion technique pour la prise en compte du Grand Tétras dans la gestion forestière pyrénéenne*, issue du programme Gallipyr (2008-2012), présenté par Renaud Cantegrel et Emmanuel Ménoni. Ce dernier auteur complète avec Patrick Harlé le panorama de la biocénose en rappelant l'importance de l'avifaune et des petits mammifères dans la fonctionnalité de l'écosystème Pin à crochets.

Enfin, en guise de conclusion de ces travaux, Stéphane Nouguié présente les grandes lignes du *Guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées*, élaboré dans le cadre du programme transfrontalier Uinci plus par les forestiers français et ibériques.

RESUMEN

El presente conjunto de artículos dedicado al Pino negro pirenaico no pretende ser exhaustivo. Se organiza en cinco partes que permiten acercar el estado de los conocimientos sobre la especie y las biocenosis dominadas por *Pinus uncinata* Ramond :

- 1• **El estado y la localización de la especie**, que los antiguos autores calificaban de «pino salvaje», como el Pino silvestre, componen la primera parte del artículo. Es el resultado de la aportación de Renaud Cantegrel al coloquio “*Las plantas de montaña: miradas y debates sobre un patrimonio*” organizado del 6 al 8 de noviembre de 2009 por la universidad de Toulouse–Le Mirail con la colaboración del Conservatorio Nacional de Botánica de los Pirineos (CBNPMP).
- 2• **Los enfoques etnográficos del Pino negro** constituyen la segunda parte. Muestran que, después las deforestaciones durante milenios detalladas por Didier Galop, la reconquista de *Pinus uncinata* fue en primer lugar de la mano del hombre, antes de que el descuido agro-pastoral acelerara el proceso en el siglo pasado, como lo recalcan Michel Bartoli y Jean-Michel Mivière. Luis Villar, Raphaële Garreta y Joan Vallés revelan la riqueza de los nombres vernáculos de nuestro pino de montaña y de la toponimia en las dos vertientes de la cordillera. Esta riqueza constituye un testimonio emocionante de las sociedades pirenaicas confrontadas a aquellos espacios desde tiempos inmemoriales.
- 3• **La biodiversidad genética neutra de Pinus uncinata** es el objeto de la tercera parte presentada por Renaud Cantegrel. Se trata de una síntesis del programa FEDD 2007-2012 (fondo ONF para el medio ambiente y el desarrollo sostenible) titulado “*Evaluación patrimonial de las poblaciones de pinos salvajes en los Pirineos*”. El estudio, resultado de una asociación de varios organismos (ONF, INRA, CBNPMP), aclara la estructuración genética de los bosques según las cuencas de la vertiente norte del Pirineo, y las características de la introgresión con las poblaciones de Pino silvestre.
- 4• **La diversidad ecosistémica** es tratada en la cuarta parte por Florence Loustalot-Forest que establece una sinopsis de los hábitats pirenaicos del Pino negro. Desde otro punto de vista, Renaud Cantegrel se detiene sobre una población marginal y excepcional, el bosque cárstico del macizo de Anie. Expone una comunicación presentada en el coloquio de karstología celebrado en Arette–La Pierre Saint Martin del 6 al 9 de noviembre de 2007. Mientras que Hélène Chevallier detalla las estaciones forestales, cuya descripción está prácticamente finalizada en el Pirineo catalán a través del Manual forestal.
- 5• **La fauna patrimonial de los pinares salvajes** se perfila en la parte quinta, tanto en el aspecto de los bio-indicadores saxícolas, como en los vertebrados emblemáticos de los pinares de altitud. Cyrille Van Meer y Hervé Brustel hacen el inventario de los coleópteros característicos de esos bosques. En seguida un zoom sobre *Tetrao urogallus*, sacado de las “*Recomendaciones técnicas para la gestión forestal del urogallo*” del programa Gallipyr (2008-2012), presentado por Renaud Cantegrel y Emmanuel Ménoni. Este último autor completa con Patrick Harlé el panorama de la biocenosis, recordando la importancia de la avifauna y de los pequeños mamíferos en el funcionamiento del ecosistema Pino negro.

Por último, a guisa de conclusión, Stéphane Nouguier presenta las grandes líneas de la “*Guía de silvicultura del Pino negro en los Pirineos*”, elaborada en el marco del programa transfronterizo UNCI’PLUS por los servicios forestales franceses e ibéricos.

SUMMARY

Without trying to be as thorough as possible this presentation is divided into five parts in order to help the reader to get more conversant with the status of the species and the biocenosis under *Pinus uncinata* Ramond :

- 1• The very first part of the presentation is about ***the status and the locating of the species*** ancient writers would call “Wild Pine”, as they would do the same with Scots Pine. It is the result of a lecture by Renaud Cantegrel at the symposium “*Mountain flora : considering and debating over an heritage*”, organized by Toulouse-Le Mirail University together with the Pyrenees and Midi-Pyrenees National Botanical Academy (CBNPMP), 6-8 november 2009.
- 2• The second part deals with ***the ethnographical approach of Mountain Pine***. It shows that after the multi-millennar clearing of trees as detailed by Didier Galop, the reconquest of *Pinus uncinata* was first operated by man. Then the fact that these lands were then abandoned speeded up the whole process a century ago as underlined by Michel Bartoli and Jean-Michel Mivière. Luis Villar, Raphaële Garreta and Joan Vallès reveal the rich vernacular names given to this Mountain Pine as well as the toponymy on both sides of the Pyrenees mountain range. They happen to be a poignant account of the different societies in the Pyrenees who have adapted to these spaces.
- 3• ***The neutral genetic biodiversity of Pinus uncinata*** is at the core of the third part by Renaud Cantegrel. It is a synthesis of the program Fedd 2007-2010 (ONF environment and sustainable development funding) named “*Genetic pool evaluation of wild pines populations within Pyrenees*”. As a result of a partnership with ONF, INRA, CBNPMP, the survey lays emphasis on the genetic structuration of pinewoods according to the orographic basins on the Pyrenees northern slope together with the characteristics of introgression with Scots Pine areas.
- 4• The fourth part is about Florence Loustalot-Forest’s approach to ***the ecosystemic diversity of the Pyrenees habitats*** of Mountain Pine. Moreover, in a lecture he gave at Karstology symposium in Arette – La Pierre Saint Martin (6-9 november 2007), Renaud Cantegrel dwells on an exceptional and marginal population, the Karstic pinewood of the Anie massif. As for Hélène Chevallier her detailed study of forest stations is rather complete in the Catalan Pyrenees throughout the forest Handbook.
- 5• The fifth part is devoted to ***the inherited fauna in wild pinewoods*** : considering the aspect of saproxylic bio-indicators as well as the most emblematic vertebrates in high-located pine forests.. Cyrille Van Meer and Hervé Brustel’s writings are about the list of coleopterous insects which can be found within these forest populatings. Then we will focus on grouses in an extract “*Technical recommendations for forest ruling of Capercaillies*” from Gallipyr program (2008-2012) presented by Renaud Cantegrel and Emmanuel Menoni. Together with Patrick Harlé, Emmanuel Menoni completes the panorama of the biocenosis recalling the importance of the avifauna and small mammals in the functionality of Mountain Pine ecosystem.

Finally, as a conclusion, Stéphane Nouguié presents the main lines of the “*Forestry Guide for Mountain Pine in the Pyrenees*”, built up thanks to the crossborder framework program Unci’plus by french and iberian foresters.

SOMMAIRE

SIGLES ET ACRONYMES	15
PRÉSENTATION	16
1^{ère} PARTIE • LES PINS SAUVAGES EMBLÉMATIQUES DES PYRÉNÉES (<i>PINUS UNCINATA L. ET PINUS UNCINATA RAM.</i>) : CHRONIQUE D'UN ITINÉRAIRE BOTANIQUE ET BIOGÉOGRAPHIQUE	17
1 • LES PINS SAUVAGES EUROPÉENS : SYSTÉMATIQUEMENT RÉFRACTAIRES ?	18
1.1 • Les précurseurs de l'Antiquité à la Renaissance	18
1.2 • Les explorateurs sous l'Ancien Régime	18
1.3 • La reconnaissance tardive du Pin à crochets aux temps modernes	20
1.4 • La détermination incertaine des Pins sauvages	21
2 • LE DIALOGUE DES FORESTIERS ET DES AUTEURS MODERNES	21
2.1 • L'œuvre de reboisement et de restauration des terrains en montagne	21
2.2 • Priorité aux provenances forestières « adaptées » à la haute montagne.....	22
2.3 • Les Pins sauvages à la reconquête des estives pyrénéennes.....	22
3 • LA RECONNAISSANCE ET LA VALORISATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES PINS SAUVAGES	23
3.1 • Le pragmatisme des dendrologues et les « races » de Pins sauvages.....	23
3.2 • Le Pin de Bouget ou l'émergence des échanges géniques entre Pins sauvages.....	24
3.3 • Le tournant du typage génétique des populations naturelles.....	24
3.4 • Le label d'origine des Pins sauvages.....	25
BIBLIOGRAPHIE 1^{ère} PARTIE	27
2^e PARTIE • RENCONTRE ENTRE SOCIÉTÉS MONTAGNARDES ET PINS SAUVAGES	29
1 • JALONS POUR UNE HISTOIRE DU PIN À CROCHETS DANS LES PYRÉNÉES	30
1.1 • Les pinèdes pyrénéennes depuis le retrait des glaciers	31
1.2 • Des pinèdes exploitées	32
1.3 • La reconquête des pinèdes : entre forçage climatique et conséquences de l'abandon des pratiques agropastorales	35
2 • DES PAYSAGES BOULEVERSÉS : LA RECONQUÊTE DES ESTIVES	37
2.1 • Des boisements artificiels très extensifs	37
2.1.1 • Les ressources génétiques des populations d'origine	37
2.1.2 • Des gènes pyrénéens au Mont Ventoux	38
2.1.3 • Une population marginale menacée	38
2.2 • Une reconquête naturelle explosive.....	39
2.2.1 • Des paysages bouleversés	39
2.2.2 • Les bizarreries génétiques du retour naturel	41
2.3 • Le renouveau du chauffage au pin à crochets.....	41

3 • APPROCHE ETHNOÉCOLOGIQUE DE LA TOPONYMIE DES PINS ET DES PINERAIES	
DANS LES PYRÉNÉES : DES ARBRES-REPÈRE AUX FORÊTS-RESSOURCE.....	43
3.1 • La place des pins dans l'économie locale selon les archives pyrénéennes	45
3.1.1 • Des conifères familiers aux populations de montagnards.....	45
3.1.2 • Un fonds documentaire plus riche en références toponymiques qu'ethnobotaniques	45
3.2 • Des pins et des pineraies omniprésents	45
3.2.1 • Des pins traités de tous les noms	45
3.2.2 • Des pins qui jalonnent les montagnes pyrénéennes	46
3.2.3 • Des pins marqués par les usages ancestraux.....	48
3.3 • Les pins sauvages, marqueurs ethnoécologiques d'une montagne profondément humanisée.....	49

BIBLIOGRAPHIE 2^e PARTIE	50
---	-----------

3^e PARTIE • LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES FORESTIÈRES	
DU PIN À CROCHETS PYRÉNÉEN	53
I • ANALYSE DE LA DIVERSITÉ NEUTRE DU PIN À CROCHETS	54
1.1 • L'analyse de 9 marqueurs chloroplastiques sur 17 populations pyrénéennes	54
1.2 • Structuration de la diversité neutre sur la chaîne des Pyrénées (versant nord)	55
1.2.1 • Évaluation de la diversité neutre au niveau des populations	55
1.2.2 - Structuration orographique de la diversité neutre	57
2 • L'INTROGRESSION ENTRE POPULATIONS DE PIN SYLVESTRE ET DE PIN À CROCHETS	60
2.1 • L'hybridation entre Pin sylvestre et Pin à crochets : quelle réalité?	60
2.1.1 • Phénologie de la floraison <i>in situ</i> chez <i>Pinus uncinata</i> et <i>Pinus sylvestris</i>	60
2.1.2 • Obtention de graines hybrides par croisements contrôlés.....	61
2.1.3 • Génotypage au moyen de marqueurs chloroplastiques discriminants	62
2.2 • L'introgression des pineraies sauvages.....	63
2.2.1 • Un phénomène largement répandu aux Pyrénées	63
2.2.2 • Évaluation <i>in situ</i> du degré d'introgression en Haute-Bigorre	63
3 • LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DU PIN À CROCHETS DANS LE CONTEXTE DES PINERAIES SAUVAGES PYRÉNÉENNES.....	65
3.1 • Les traits marquants de la diversité génétique neutre chez <i>Pinus uncinata</i>	65
3.2 • Premières recommandations pour la gestion des pineraies sauvages.....	66
3.2.1 • Mobiliser les ressources génétiques locales.....	66
3.2.2 • Vers des régions pyrénéennes d'approvisionnement et d'utilisation ...	67
3.2.3 • La gestion des peuplements introgressés	68
4 • CONSERVATION ET GESTION DU PIN À CROCHETS PYRÉNÉEN : QUELLES PERSPECTIVES ? ...	70
4.1 • Constituer une base de données dédiée aux pineraies naturelles et artificielles	70
4.1.1 • La détermination des habitats naturels.....	70
4.1.2 • L'identification des peuplements porte graines.....	70
4.1.3 • Le repérage des pineraies sauvages et des peuplements artificiels	70
4.2 • Conséquences pratiques en gestion courante	71

ANNEXES	72
A1 • Lexique	72
A2 • Répartition géographique des 17 sites de Pin à crochets retenus pour l'échantillonnage de la diversité génétique pyrénéenne	74
A3 • Protocole de récolte des cônes de pins sauvages	75
A4 • Fiche d'identification des îlots de récoltes	76

BIBLIOGRAPHIE 3^e PARTIE	78
---	----

4^e PARTIE • LES HABITATS PYRÉNÉENS DU PIN À CROCHETS ET LES STATIONS FORESTIÈRES : NATURELLEMENT CONTRASTÉS..... 79

1 • PANORAMA DES HABITATS NATURELS	80
1.1 • Contexte de la description des habitats : méthodologie et limites.....	80
1.2 • Rattachement aux classifications existantes : état des connaissances	81
1.3 • Description des habitats naturels	83
1.3.1 • Les forêts de Pins de montagne calcicoles, ou acidiclives sur sol décalcifié, de versant nord.....	83
1.3.2 • Les forêts de Pins de montagne sèches hyperacidiphiles de versant sud du montagnard.....	85
1.3.3 • Les forêts de Pins de montagne de l'étage subalpin	86
1.3.4 • Les forêts de Pins de montagne sur sol tourbeux	87
1.4 • Panorama des habitats naturels d'ouest en est, enjeux liés à Natura 2000	88
1.5 • Lacunes et limites de l'approche phytosociologique.....	89

2 • LA RUPISYLVE KARSTIQUE DU MASSIF D'ANIE AUX MARGES OCCIDENTALES DE L'AIRE DU PIN À CROCHETS	90
2.1 • L'arbre des rochers	90
2.1.1 • Un substrat ingrat	91
2.1.2 • Un boisement en agrégats	91
2.2 • Une pineraie affranchie du calcaire.....	93
2.2.1 • Un massif calcaire, mais des sols décarbonatés.....	93
2.2.2 • Une pineraie d'apparence calcicole	93
2.2.3 • Des affinités oro-méditerranéennes ?	93
2.3 • À l'assaut des hautes surfaces du massif karstique	95
2.3.1 • Dynamique bioclimatique et dynamique morphoclimatique	95
2.3.2 • La colonisation des hauts versants asylvatiques	96

3 • LES STATIONS FORESTIÈRES POUR LE PIN À CROCHETS DANS LES PYRÉNÉES CATALANES	97
3.1 • Stations forestières et Pin à crochets : une apparence d'homogénéité	98
3.1.1 • Les stations sur substrat siliceux	100
3.1.1.1 • Les « vraies » stations de Pin à crochets : suprématie subalpine.....	100
3.1.1.2 • Les stations « montagnardes » : qui se cache derrière le Pin à crochets ?	103
3.1.2 • Les stations d'intérêt patrimonial.....	105
3.1.2.1 • Stations sur substrat calcaire	105
3.1.2.2 • Station tourbeuse	106
3.1.2.3 • Station hygrophile subalpine	107
3.1.3 • Stations de Pin à crochets : quelles potentialités ?	107

3.1.4 - Essai de rapprochement station/habitat.....	107
3.2 • Des stations forestières, mais aussi pastorales	109
3.2.1 • Approche pastorale sous couvert forestier	109
3.2.2 • Croisement des enjeux forestiers et pastoraux.....	110
3.3 • Applications et perspectives	110
3.3.1 • Utilisation du Manuel forestier en Pyrénées catalanes	110
3.3.2 • Retour d'expérience en Catalogne sud.....	111
3.3.3 • Un bel avenir pour le Pin à crochets	111
Annexe : Fiche station à tendance froide du subalpin	112

BIBLIOGRAPHIE 4^e PARTIE	116
---	------------

5^e PARTIE • APERÇU DE LA FAUNE PATRIMONIALE

DES PINERAIES SAUVAGES DANS LES PYRÉNÉES	119
---	------------

1 • LE GRAND TÉTRAS ET LA GESTION FORESTIÈRE

DES PINERAIES ONCINÉES	120
-------------------------------------	------------

1.1 • Un galliforme issu des forêts boréales.....	121
1.1.1 • Une prédilection pour les habitats forestiers d'altitude	121
1.1.2 • Des forêts ouvertes, pluristratifiées, peu productives	121
1.1.3 • Les conifères convoités par le Grand Tétras.....	122
1.1.4 • La singularité des habitats pyrénéens.....	123
1.2 • Les peuplements d'altitude favorables au Grand Tétras	123
1.2.1 • Les lisières forestières.....	123
1.2.2 • Les sous-bois des pineraies claires.....	124
1.2.3 • Les pineraies oncinées sur sols calcaires	124
1.2.4 • Les pineraies oncinées sur sols acides	125
1.2.5 • Les peuplements RTM	126
1.3 • Recommandations pour la gestion en faveur du Grand Tétras.....	126
1.3.1 • Intervention sylvicoles	126
1.3.1.1 • L'implantation de corridors biologiques	126
1.3.1.2 • La structure des peuplements	127
1.3.2 • Génie biologique.....	129

2 • LES INSECTES SAPROXYLIQUES DES PINERAIES D'ALTITUDE

2.1 • Des espèces reliques des temps glaciaires inféodées au bois mort	132
2.1.1 • Quelques coléoptères typiques des pineraies d'altitude	132
2.1.2 • Des milieux diversifiés : des corticoles au bois carié et à leurs hôtes ..	133
2.2 • Les saproxyliques des massifs emblématiques.....	133
2.2.1 • Une entomofaune d'une grande richesse d'un bout à l'autre des Pyrénées	133
2.2.2 • Des lacunes à combler par la prospection.....	134
2.3 • Des mesures conservatoires à conforter	134

3 • L'AVIFAUNE ET LES PETITS MAMMIFÈRES INFÉODÉS AU PIN À CROCHETS

3.1 • Une pineraie à l'interface des espaces supraforestiers	135
3.1.1 • Une forêt structurée par sa situation en « zone de combat ».....	135
3.1.2 • Une forêt accompagnée de landes et landines	135
3.1.3 • Une forêt où la composante rocheuse est souvent forte.....	136

3.2 • L'avifaune patrimoniale du Pin à crochets	136
3.2.1 • Une richesse en oiseaux étonnamment élevée en milieu extrême	136
3.2.2 • La spécialisation d'espèces ou de sous-espèces patrimoniales	137
3.3 • Le rôle des graines de Pin à crochets dans l'écosystème	139
3.4 • Une progression du Pin à crochets à accompagner	140
BIBLIOGRAPHIE 5^e PARTIE	142
CONCLUSION • UN GUIDE DE GESTION MULTIFONCTIONNELLE DU PIN À CROCHETS DES PYRÉNÉES	145
1 • DES ORIENTATIONS DE GESTION MULTIFONCTIONNELLE POUR LES PEUPEMENTS ORIENTAUX DE PIN À CROCHETS	147
1.1 • Un diagnostic adapté aux enjeux multiples	147
1.2 • Le domaine de validité du guide	147
1.3 • Des utilisateurs diversifiés	148
2 • DES RECOMMANDATIONS DE GESTION POUR L'ENSEMBLE DES PEUPEMENTS DE PIN À CROCHETS	148
2.1 • Biodiversité, paysage, diversité génétique et pastoralisme	148
2.2 • Choix des traitements sylvicoles	148
2.3 • Contraintes de mobilisation	148
3 • DES RECOMMANDATIONS DE GESTIONS SYLVICOLES POUR LES PEUPEMENTS À VOCATION DE PRODUCTION/PROTECTION	149
3.1 • Un outil pour la description : la typologie de peuplements	149
3.2 • La fonction de protection contre les risques naturels	149
3.3 • Des règles de gestion par type de peuplements	150
3.4 • Mais un souci constant de pragmatisme !	150
ANNEXE	
A1 • EXEMPLE DE FICHE POUR UN DES NEUF TYPES DE PEUPEMENT	151
A2 • ITINÉRAIRE SYLVICOLE DES PEUPEMENTS DE PIN À CROCHETS À FONCTION DE PRODUCTION	151

SIGLES ET ACRONYMES

AFK	Association française de karstologie
AGPF	Unité de recherche Amélioration génétique et physiologie forestière (Orléans)
BD	Base de données
BM	Bois moyens (classes de Ø 25 et 30 cm pour le Pin à crochets)
CBNPMP	Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées
CBSA	Conservatoire botanique Sud Atlantique
CGAF	Conservatoire génétique des arbres forestiers (Centre de recherches d'Orléans)
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CRPF	Centre régional de la propriété forestière
CSIC	Consejo superior de investigaciones científicas
CTFC	Centre tecnològic forestal de Catalunya
CTP	Communauté de travail des Pyrénées
DDAF	Direction départementale de l'agriculture et de la forêt
Docob	Document d'objectifs (d'un site Natura 2000)
DT	Direction territoriale de l'ONF
ENGREF	École nationale du génie rural, des eaux et des forêts
ENITA	École nationale des ingénieurs des travaux agricoles
ENITEF	École nationale des ingénieurs des travaux des eaux et forêts
ENSAM	École nationale supérieure agronomique de Montpellier
ESAP	École supérieure agronomique de Purpan
ESU	Unité taxonomique en phase avancée de spéciation (<i>evolutionary significant unit</i>)
e.g.	Par exemple (<i>example given</i>)
<i>et al.</i>	Et autres (<i>et alii</i>)
FEDD	Fonds pour l'environnement et le développement durable
FFN	Fonds forestier national
fol.	Folio
G	Surface terrière (exprimée en m ² /ha)
Gallipyr	Programme transfrontalier dédié aux galliformes de montagne
GB	Gros bois (classes de Ø 35 cm et + pour le Pin à crochets)
GEIE	Groupement d'entreprises d'intérêt économique
ICONA	Instituto nacional de conservación de la naturaleza
i.e.	C'est-à-dire (<i>id est</i>)
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
INIA	Instituto nacional de investigación y tecnología agraria y alimentaria
INRA	Institut national de la recherche agronomique
IPE	Instituto pirenaico de ecología de Jaca (Huesca)
Irstea	Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
MFR	Matériel forestier de reproduction
MNHN	Muséum national d'histoire naturelle
ONCFS	Office national de la chasse et de la faune sauvage
ONF	Office national des forêts
op. cit.	Ouvrage cité
PB	Petits bois (classes de Ø 10 à 20 cm pour le Pin à crochets)
PNR PC	Parc naturel régional des Pyrénées catalanes
p.p.	Pour partie (<i>pro parte</i>)
RGF	Ressources génétiques forestières
RTM	Restauration des terrains en montagne
SIG	Système d'information géographique
s.l.	Au sens large (<i>lato sensu</i>)
sp.	Espèce (<i>species</i>)
ssp. ou subsp.	Sous-espèce (<i>subspecies</i>)
STOC	Suivi temporel des oiseaux communs
TGB	Très gros bois
Unci'plus	Programme transfrontalier dédié au Pin à crochets
UPPA	Université de Pau et des Pays de l'Adour
var.	Variété (<i>varietas</i>)

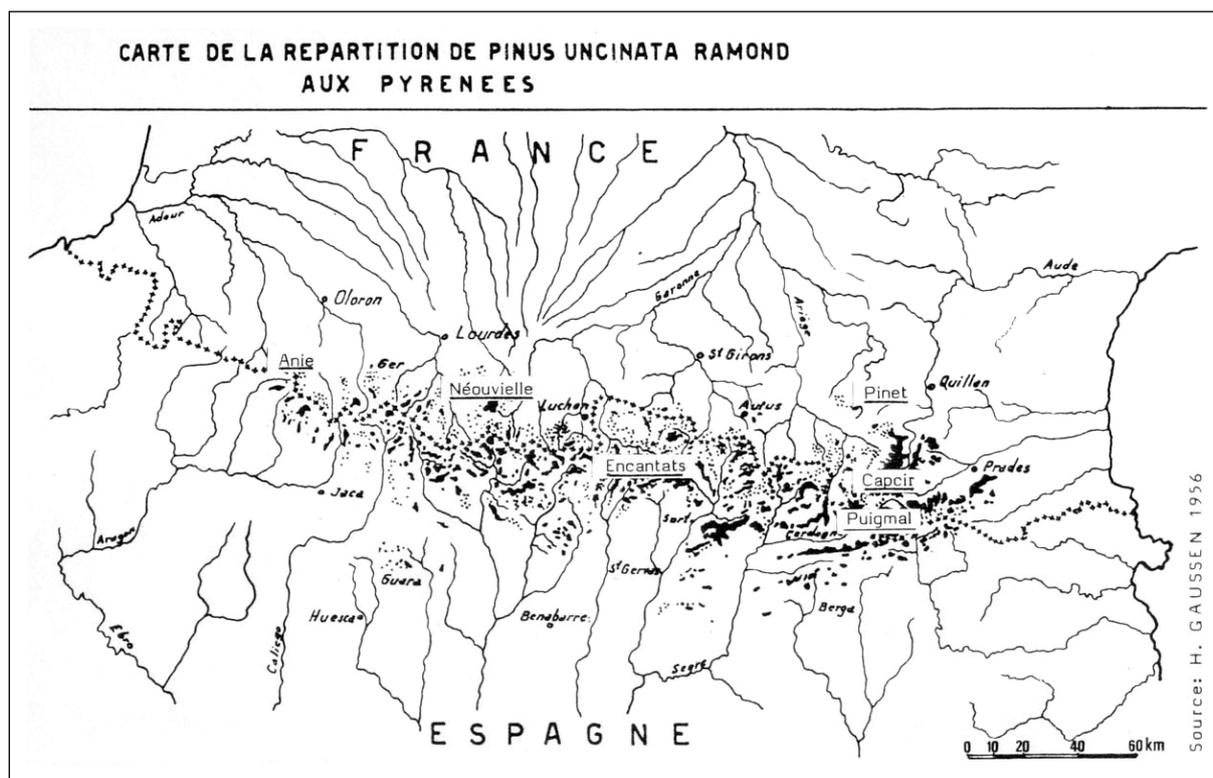
PRÉSENTATION

Depuis des lustres scientifiques et forestiers s'intéressent au Pin à crochets, essence rustique appartenant au complexe des « Pins de montagne » qui peuple les reliefs élevés de l'Europe occidentale. Longtemps confondu avec le Pin sylvestre, avec lequel il est capable de s'hybrider, le Pin à crochets représente pour les Pyrénées l'essence subalpine par excellence, et le seul conifère arborescent autochtone des hautes altitudes.

Aussi la littérature sur cette espèce emblématique est-elle fort abondante et aborde-t-elle la plupart des disciplines qui gravitent autour d'une essence forestière : taxonomie, dendrologie, écologie, sylviculture, technologie.

Alors pourquoi maintenant un dossier forestier consacré au Pin à crochets, de surcroît limité aux Pyrénées ?

C'est que, depuis le début des années 2000, un certain nombre d'études et de pratiques apportent un éclairage nouveau sur l'identité et la valorisation du Pin à crochets dans le contexte du massif pyrénéen. Sise sur une montagne méridionale à la charnière des grands domaines biogéographiques boréo-alpin et oro-méditerranéen, la forêt subalpine des Pyrénées suscite en effet l'intérêt accru des chercheurs et des gestionnaires forestiers, publics et privés. En témoignent les nombreux échanges transfrontaliers touchant des domaines aussi divers que la faune, la flore et les habitats, mais aussi la gestion des peuplements d'altitude sous l'angle de la production et de la protection, tant physique que biologique.



Aire pyrénéenne du Pin à crochets (in Cantegrel, 1982)

1^{ère} PARTIE

***LES PINS SAUVAGES EMBLÉMATIQUES
DES PYRÉNÉES (PINUS SILVESTRIS L. ET PINUS
UNCINATA RAM.) :***

***CHRONIQUE D'UN ITINÉRAIRE
BOTANIQUE ET BIOGÉOGRAPHIQUE***

Renaud Cantegrel

337 Bd du Cami Salié F64000 PAU
renaudcantegrel@orange.fr

Grand merci

à Gérard Largier, Alain Valadon et Michel Bartoli pour leur relecture du
manuscrit

L'évolution des savoirs relatifs aux essences forestières couvrant les Pyrénées est profondément enracinée dans l'histoire de l'exploration des montagnes. Les découvertes scientifiques y suivent en général une double préoccupation : d'une part le soin de nommer et de classer les espèces rencontrées, d'autre part la nécessité pour le pays d'évaluer les ressources forestières disponibles.

On se limite dans le présent exposé à la découverte des Pins sauvages des Pyrénées, à leur appropriation par la communauté scientifique puis par les collectivités territoriales, et à l'émergence de conceptions nouvelles relatives à l'identité et à la dynamique des populations naturelles de ces conifères emblématiques.

1 • LES PINS SAUVAGES EUROPÉENS : SYSTÉMATIQUEMENT RÉFRACTAIRES ?

1.1 • Les précurseurs de l'Antiquité à la Renaissance

Dès l'Antiquité, les auteurs distinguent les Pins sauvages des Pins domestiques. Ainsi, au III^e siècle avant J.-C., Théophraste adopte-t-il dans sa *Recherche sur les plantes* la dénomination trinominale latine *Pinus sylvestris montana*, pour identifier notre Pin sylvestre. Mais qu'entend-t-on par « sylvestre » aux temps anciens ? Le latin *silvestris* désigne tout à la fois de la forêt et sauvage. Virgile, dans *Les Bucoliques*, ne célèbre-t-il pas l'*arbor silvestris*, l'arbre sauvage ?

Pline l'Ancien, quant à lui, dénomme d'un genre différent Pin sauvage (désigné par *Pinaster*) et Pin domestique (*Pinus* ou *Pinea*). Cette opposition majeure sauvage/cultivé perdure pendant près d'un millénaire et demi, jusqu'aux auteurs de la Renaissance qui l'adaptent aux nouvelles connaissances botaniques d'alors.

Au XVI^e siècle en effet, voilà Matthioli, médecin siennois réputé, qui décrit les Pins connus à l'époque :

- **le Pin domestique**, *Pinus domestica*, le fameux *Pinea* de Pline, notre Pin pignon,
- **les Pins sauvages**, se rapportant à trois « sylvestres » des Alpes :
 - a) *Pinus sylvestris montana*, le Pin sylvestre
 - b) *Pinus sylvestris mugo* ou *mugus*, le Pin rampant qu'il diagnostique dans le Trentin
 - c) *Pinus sylvestris cembro*, le Pin cembro.

Un peu plus tard, de Léchuse reprend la diagnose du Pin rampant dans les Alpes d'Autriche et de Styrie et le nomme *Pinaster pumilio austriacus*, indiquant par là qu'il s'agit bien d'un Pin sauvage. Et en fin de XVI^e, Gaspard Bauhin¹ distingue nettement les deux catégories « sylvestres » de montagne :

- a) *Pinus sylvestris*, notre Pin sylvestre
- b) *Pinus sylvestris montana altera*, l'autre Pin sauvage de montagne, c'est-à-dire le Pin mugo (selon Hickel, 1932).

1.2 • Les explorateurs sous l'Ancien Régime

Louis de Froidour, nommé en 1673 commissaire général de la grande maîtrise des Eaux et Forêts à Toulouse, est chargé par Colbert de la Réformation des forêts royales dans les Pyrénées. Procédant à la reconnaissance des massifs pour évaluer la ressource en bois destinés à la marine royale, il consigne dans ses procès-verbaux de visitation la consistance et la composition des peuplements forestiers. Concernant nos conifères, il opère une distinction entre ceux qu'il nomme simplement *pins* (il s'agit le plus souvent du sylvestre) et les autres *pins sauvages* (Pin à crochets ou l'ensemble des pins de montagne).

Le XVII^e siècle s'écoule sans grand changement de nomenclature, et il faut attendre le milieu du Siècle des Lumières pour que Linné et sa désignation binominale² des espèces viennent mettre de l'ordre dans les épithètes latines foisonnantes appliquées jusqu'ici à la botanique. Malheureusement son grand ouvrage *Species plantarum* (1753) fait l'impasse sur les autres pins sauvages que le sylvestre, correctement nommé *Pinus sylvestris* (sans y) dans la 4^e édition parue en 1805.

¹ Son frère, Jean Bauhin, dans un ouvrage posthume (1650), décrit sans doute pour la première fois la forme jurassienne du Pin à crochets qu'il désigne *P. sylvestris sive crein*. Mais il l'assimile à tort à *P. pumilio austriacus* de Léchuse (in Hickel, 1932).

² La nomenclature binominale de Linné (en latin, nom de genre suivi du nom d'espèce) date de la 10^e édition de son *Systema naturae* publiée en 1758.

Désormais, c'en est peu ou prou fini des appellations ternaires du type *Pinus sylvestris montana*, et les auteurs postérieurs à Linné doivent se résoudre à plus de concision. Néanmoins la confusion règne encore dans le *Garden dictionary* de Miller qui désigne en 1768 le sylvestre par *Pinus rubra* et qui affuble le Pin maritime du binôme *Pinus silvestris* ! Pour couronner le tout, l'auteur décrit un autre pin sauvage de montagne (« *another wild mountain Pine* ») qu'il assimile au Pin mugos³ et qu'il nomme *Pinus montana*. On verra plus loin quels désagréments découleront de cette désignation spécifique on ne peut plus vague...

Lorsque Louis Ramond de Carbonnières parcourt les Pyrénées centrales durant la période révolutionnaire, il découvre une espèce de Pin inconnue de lui, mais fort utilisée par les bergers en estive (Espinassous *et al.*, 1984). Ainsi relate-t-il en 1792 dans ses *Carnets pyrénéens* l'éclairage rustique d'une cabane de la montagne de Gavarnie : « Pour lumière, les copeaux allumés du Pin de montagne, luminaire qui est lui-même icy un objet de luxe, car il faut l'aller chercher dans les montagnes espagnoles du Port de Boucharo. »

D'autres rencontres avec ce conifère emblématique jalonnent d'ailleurs les écrits de Ramond (figure 1), comme ses *Observations faites dans les Pyrénées*, éditées à Paris dès 1789, où il évoque lors d'une randonnée au massif de la Maladetta (fol. 231), « des gazons ombragés de pins nouveaux & peu élevés, mais d'une grosseur considérable pour la haute situation où ils se trouvent ; car j'en mesurai un qui n'avait pas moins de seize pieds de tour. J'en ai vu ensuite de beaucoup plus gros encore, sur la pente de la même montagne, du côté de la vallée d'Aran [...] »



LES MONTAGNES MAUDITES. 231

dépendant de la vallée d'Aran, où mon guide connoissoit un hermitage qu'il regardoit comme l'habitation la plus voisine ; & que, si des accidens imprévus nous retenoient dans ces rochers, à l'approche de la nuit, nous tâcherions de regagner les arbres les moins éloignés, pour couper du bois, & nous défendre, au moins, par un bon feu, du froid que nous avions à redouter.

Alors, nous commençâmes à monter le premier degré de la montagne. Sa pente, assez rapide, présentoit tantôt des amas de rochers, tantôt des gazons ombragés de pins nouveaux & peu élevés, mais d'une grosseur considérable pour la haute situation où ils se trouvent ; car j'en mesurai un qui n'avait pas moins de seize pieds de tour. J'en ai vu ensuite de beaucoup plus gros encore, sur la pente de la même montagne, du côté de la vallée d'Aran ; mais nulle part, dans la partie des Pyrénées que j'ai parcourue, je n'ai rien trouvé de comparable aux pins énormes, auxquels on donne, dans les Alpes, le nom de *Wetterfchirm*, abri-crage (1).

(1) Ces pins se trouvent toujours isolés, dans les montagnes élevées. Moins remarquables par leur hauteur que par leur étendue, ils mettent un troupeau entier à l'abri de l'orage. Je n'ai point été à portée d'en observer aucun

P iv

Figure 1 : Le père du Pin à crochets et du pyrénéisme

▲
Louis Ramond de Carbonnières (1755-1827)
Portrait reproduit avec l'aimable autorisation
de la société Ramond à Bagnères-de-Bigorre
(Hautes-Pyrénées)

▲
Les gros pins intriguent Ramond lors de son ascension
de la Maladetta (source : *Observations faites dans les
Pyrénées*, 1789)

³ Scopoli ôte toute ambiguïté à l'identification du pin rampant en inaugurant en 1772 le binôme *Pinus mughus* (= *P. mugho Scop.* 1769) aisément reconnaissable par son port frutescent caractéristique (plusieurs tiges ligneuses dès la base), et en l'accompagnant d'une excellente comparaison avec le Pin sylvestre (Hickel, 1932).

1.3 • La reconnaissance tardive du Pin à crochets aux temps modernes

Lamarck, auteur d'une *Encyclopédie méthodique* très contestable sur la question des pins sauvages, est cependant bien inspiré de confier la rédaction des *Additions et corrections de sa Flore française* à De Candolle (figure 2) qui mentionne en 1805 pour la première fois les peuplements de Pin à crochets des Pyrénées. Il nomme *Pinus uncinata* Ramond ce taxon inédit, mêlé avec le Pin rouge (sylvestre), plus élevé que le mugho. « Probablement une partie des synonymes rapportés jusqu'ici au pin mugho, appartient à cette nouvelle espèce⁴ » (figure 3).



Figure 2 : Augustin Pyrame De Candolle (1778-1841) est le premier à inscrire le Pin à crochets dans la Flore française de Lamarck : *Pinus uncinata* Ramond, ex Lamarck & D.C. (1805)
© Centre d'icongraphie genevoise

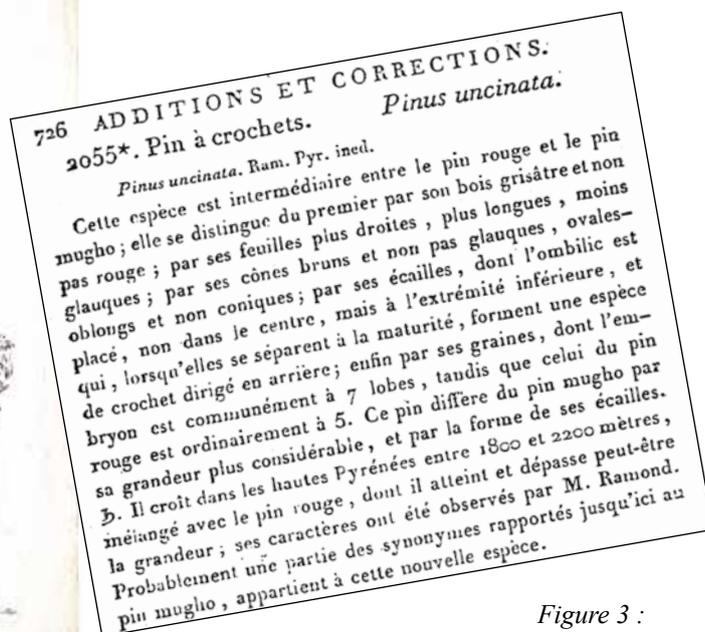


Figure 3 :
La diagnose du Pin à crochets dans la flore de Lamarck et De Candolle, en 1805
© collection Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées

Enfin dispose-t-on à l'aube du XIX^e siècle de solides diagnoses permettant l'identification des trois grands taxons de Pins sauvages observés en Europe :

- *Pinus silvestris* L., le Pin sylvestre
- *Pinus mugho* Scop., le Pin mugho
- *Pinus uncinata* Ram., le Pin à crochets.

De ces trois espèces linéennes, seuls les Pins à crochets et sylvestre peuplent la chaîne pyrénéenne. Mais Lapeyrouse y reconnaît une nouvelle espèce de pin, le Salzmann, tout en passant curieusement sous silence le Pin sylvestre. Il cite en effet dans son *Histoire abrégée des Pyrénées* (1813) et ses *Suppléments* de 1818 (in Gaussen 1927) :

- *Pinus sanguinea* (= *Pinus uncinata* Ram.)
- *Pinus pyrenaica* (= *Pinus laricio* var. *salzmanni*).

Le Pin de Salzmann existe bien dans nos montagnes, mais au versant nord il reste cantonné à de petites populations relictuelles des Pyrénées orientales. Rien pourtant de comparable avec les masses forestières de sylvestre, si abondantes à l'orient pyrénéen et tout au long du revers méridional de la chaîne, il est vrai fort peu exploré par nos botanistes du nord. On comprend dès lors la sentence prononcée par Gaussen (1927) à l'encontre de Picot de Lapeyrouse : « il a tout fait pour rendre inextricable la connaissance des Pins aux Pyrénées. »

⁴ Ainsi, à l'issue d'une synthèse approfondie menée dans les années 1920, Gaussen déclare désabusé : « Il n'y pas grande gloire pour les botanistes à constater le temps qu'ils ont mis à reconnaître des arbres fort bien distingués par les rudes montagnards » (in *Le Pin à crochets dans les Pyrénées*, 1927).

1.4 • La détermination incertaine des Pins sauvages

Deux ans après la publication des *Additions et corrections de la Flore française* (Lamarck & D.C.), De Candolle entreprend son *Voyage de Tarbes*. Parcourant les Pyrénées catalanes vers la fontaine de Combes, il note le 1er juillet 1807 : « arrivés près du sommet de la montagne nous sommes entrés dans un bois de Pins petits et rabougris dont les cones sont tantôt à écailles oncinées tantôt non crochues de sorte que je ne sais si le caractère du *Pinus uncinata* de Ramond sera suffisant » (fol. 22, *in* Amigo, 1984).

Concernant la détermination des pins, Ramond lui-même semble déjà déboussolé en 1792-1793 lorsqu'il herborise en Lavedan : « J'ai toutefois remarqué au fond de la vallée de Cauterets, aux environs du lac de Gaube, le *Pinus altissima*, le *Laricio* de Corse, arbre intéressant qui n'était point connu dans les Pyrénées » (*in* Herborisation dans les Hautes-Pyrénées, 1997).

Même confusion de Timbal-Lagrave qui en 1868 mentionne à tort *Pinus pyrenaica* Lapey. (= *P. salzmanni*) mélangé à *Pinus uncinata* et qui explique avoir traversé : « en descendant le col du Marcadau, en quittant la cabane, une forêt de Pins où nous avons remarqué le *Pinus uncinata* et le *Pinus pyrenaica* mélangés » (*in* Flous 1933).

Cette erreur réitérée, à trois quarts de siècle d'intervalle dans le même massif, par deux éminents botanistes, est troublante. D'une part le laricio de Corse n'est aujourd'hui présent aux Pyrénées que dans les boisements artificiels, le plus souvent postérieurs à la Seconde Guerre mondiale. D'autre part le Pin de Salzmann n'est connu qu'aux Pyrénées catalanes ainsi qu'en Aragon. On verra plus loin que ce très grand Pin observé par Ramond ou ce Pin des Pyrénées noté par Timbal-Lagrave coïncide très certainement avec le Pin de Bouget décrit au XX^e siècle...

À la fin du XIX^e siècle encore, ils ne sont pas rares les auteurs confondant Pin sylvestre et Pin à crochets, tels Bubani dans sa *Flora pyrenaica* de 1873, ou Bonnier (1893) dans son étude sur la flore des Pyrénées (*in* Gaussen, 1927).

2 • LE DIALOGUE DES FORESTIERS ET DES AUTEURS MODERNES

Le XIX^e siècle marque véritablement l'irruption des forestiers dans le débat relatif au statut taxonomique des espèces arborescentes.

La locution *pins sauvages*, bien qu'imprécise, demeure encore usitée au début du XIX^e siècle sous la plume de Dralet, conservateur des Eaux et Forêts, lorsqu'il évoque les paysages du Donezan en 1813 : « Les premières hauteurs sont couvertes de hêtres, auxquels succèdent bientôt les sapins; ensuite les arbrisseaux, qu'ombragent quelques pins sauvages, annoncent les sommets déserts où expire la végétation » (*in* Gaussen, 1927).

2.1 • L'œuvre de reboisement et de restauration des terrains en montagne

Au milieu du XIX^e siècle, le reboisement des montagnes érodées du fait de la conjonction de facteurs défavorables (déforestations, pression agro-pastorale excessive, abats d'eau exceptionnels) va s'accélérer à la suite de grandes catastrophes en série stigmatisées par les inondations dramatiques des plaines du Roussillon et de la Garonne, et de crues torrentielles dévastatrices dans les Pyrénées.

Dès 1860, le service des Reboisements, devenu ensuite service de Restauration des terrains en montagne (RTM), va entreprendre une grande œuvre de stabilisation des versants, de correction torrentielle, de boisement et de protection paravalanche, tout à fait inédite dans l'histoire de nos montagnes. Malgré les réticences locales, voire l'opposition des populations pyrénéennes, l'État y acquiert à partir de 1882 plus de 43 000 ha de terrains dégradés (Bartoli *et al.*, 1997).

Le boisement d'une partie de ces périmètres RTM s'effectue avec des essences forestières locales, mais également avec des arbres non spontanés aux Pyrénées (Mélèze d'Europe, Pin cembro, Pin noir, Épicéa commun, Aune vert...). La sècherie de La Cabanasse, dans le haut Conflent, alimente en graines de pins sauvages, non seulement les chantiers pyrénéens, mais également les autres massifs montagneux français (Bartoli & Démesure-Musch, 2003) et étrangers. En cas de pénurie de graines locales, on fait parfois appel aux ressources séminales des pays d'Europe centrale. Écoutons Guinier et Pourtet vanter la rusticité de *Pinus uncinata* comme essence de boisement : « Son aptitude à occuper les places vides, à croître en terrain dénudé, même sur un sol pauvre et en des stations sèches, à altitude élevée, en fait un auxiliaire précieux pour la reforestation. Les forestiers reboiseurs français ont largement fait appel au Pin à crochets dans les Alpes, et aussi dans les Pyrénées et les Cévennes » (*in* Les variations du *Pinus montana* Miller du Tyrol au Briançonnais, 1951).

Les mêmes auteurs s'insurgent plus loin des effets pervers induits par la confusion de nomenclature sévissant au sein du complexe des Pins de montagne : « Mais, certaines années, pour pallier un déficit de production nationale,

on a cherché des graines dans l'Europe Centrale et notamment en Autriche : on a demandé du *Pinus montana* et les fournisseurs ont livré du *Pinus Mugus*. C'est pourquoi, de loin en loin dans les Alpes et les Pyrénées, en des stations où croît spontanément le Pin à crochets, on rencontre dans ses clairières ou des pâturages reboisés des broussailles de Pin rampant, qu'il faut se garder de considérer comme autochtones » (Guinier & Pourtet, 1951, *op. cit.*).

Voilà bien l'illustration de ce que Guinier considère comme « un traquenard botanique pour les forestiers » (*in* À propos du « Pin de montagne », 1960), relayant le jugement sans appel de son prédécesseur Hickel : « le *P. montana* de Miller, mal décrit, doit être considéré comme nul et non avenu ; le nom de *P. mughus* SCOP doit être réservé au Pin rampant, et celui de *P. uncinata* à la forme dressée. Cette conclusion ne sera peut-être pas agréée des nomenclaturistes, mais c'est celle du bon sens et de la clarté. Les forestiers en particulier l'adopteront sans peine [...] » (*in* Le Pin de montagne de Miller, 1932).

2.2 • Priorité aux provenances forestières « adaptées » à la haute montagne

L'œuvre d'afforestation en montagne se poursuit durant le XX^e siècle (figure 4), dopée après la Deuxième Guerre mondiale par la création du Fonds forestiers national destiné à financer la reconstitution de peuplements forestiers à vocation de production ligneuse. Pour les peuplements de protection, les *arboreta* aménagés avant guerre dans les Pyrénées, tels ceux de Font Romeu et de Jouéou, permettent de tester la résistance d'essences forestières, locales ou exotiques, placées en conditions extrêmes. Dans les années 1970 également, une série de plantations expérimentales conduites par le CTGREF⁵ de Grenoble permet d'évaluer la survie et la croissance de diverses essences subalpines, dont *Pinus uncinata* se révèle la plus vigoureuse à la lisière supérieure de la forêt.

En altitude, implantées dans de sévères conditions environnantes, on ne se préoccupe plus seulement des *espèces* les plus performantes, encore faut-il disposer des *provenances* exprimant une phénologie adéquate pour éviter les dégâts du gel aux jeunes pousses et conserver une réelle vigueur juvénile (Mullenbach, 1982).



Figure 4 : Boisement de Laou d'Esbas (Haut Comminges)
Transport à dos de mule des plants forestiers sur le chantier
(source CNRS : photo n° 2047, BD Gaussen 1936)

2.3 • Les Pins sauvages à la reconquête des estives pyrénéennes

Les reboisements des hauts versants entrepris sous l'impulsion de la politique RTM ne doivent pas faire oublier la dynamique naturelle des pins.

Les prises de vues diachroniques en divers secteurs des Pyrénées à moins d'un siècle d'intervalle se révèlent édifiantes : en maints endroits, le Pin à crochets est aujourd'hui capable de former un peuplement fermé jusqu'à 2 000 m d'altitude à partir de quelques semenciers disséminés, repérables sur diverses archives photographiques du début du XX^e siècle. Aussi le qualificatif de « conquérant des estives » est-il opportunément adopté par Métaillié qui caractérise ainsi l'essor contemporain du Pin à crochets : « [...] au vu des progressions fulgurantes que le pin est capable d'avoir dans l'Est des Pyrénées et dans certains secteurs des vallées centrales, on peut imaginer que des seuils risquent d'être franchis brutalement. L'abandon de l'exploitation de certaines estives, que l'on constate actuellement un peu partout dans les hautes vallées, va laisser le champ libre au pin conquérant... Le Pin à crochets est peut-être l'avenir des estives » (*in* Le Pin à crochets, 1999).

Le XX^e siècle voit se développer dans les Pyrénées un dialogue bénéfique entre botanistes, géographes et forestiers, clarifiant l'identification, la localisation et l'histoire des pineraies sauvages, ainsi que leur contribution aux boisements de protection en altitude.

⁵ Centre technique du génie rural, des eaux et forêts, devenu Cemagref en 1981, puis en 2012 Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture).

3 • LA RECONNAISSANCE ET LA VALORISATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES PINS SAUVAGES

3.1 • Le pragmatisme des dendrologues et les « races » de Pins sauvages

C'est dans les années 1920 que Gaussen rédige trois articles intitulés *Le Pin à crochets dans les Pyrénées* (figure 5) où il s'insurge contre les auteurs qui se complaisent à embrouiller la nomenclature botanique, tout en demeurant éloignés des préoccupations de terrain. Reprenant l'ancien constat posé par De Candolle sur le caractère plus ou moins crochu de l'écaille, il conclut au terme d'une analyse critique de la nomenclature compliquée dédiée au Pin à crochets : « Il paraît bien aléatoire de chercher des variétés en étudiant seulement les cônes » (Gaussen, 1925).

Du côté du sylvestre, de nombreuses races géographiques sont décrites au sein de l'aire de répartition gigantesque de cette essence euro-sibérienne. Pour s'en tenir aux Pyrénées, Gaussen retient en 1960 deux variétés qui diffèrent à la fois de celles du Massif Central et des populations ibériques :

- *Pinus sylvestris* var. *catalaunica* Gaussen, dans les Pyrénées orientales
- *Pinus sylvestris* var. *pyrenaica* Svoboda, dans les Pyrénées centrales et occidentales.

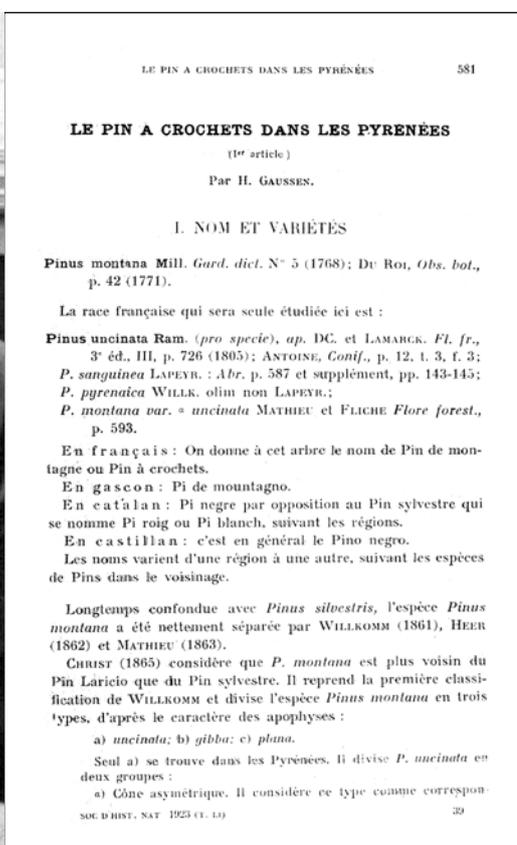
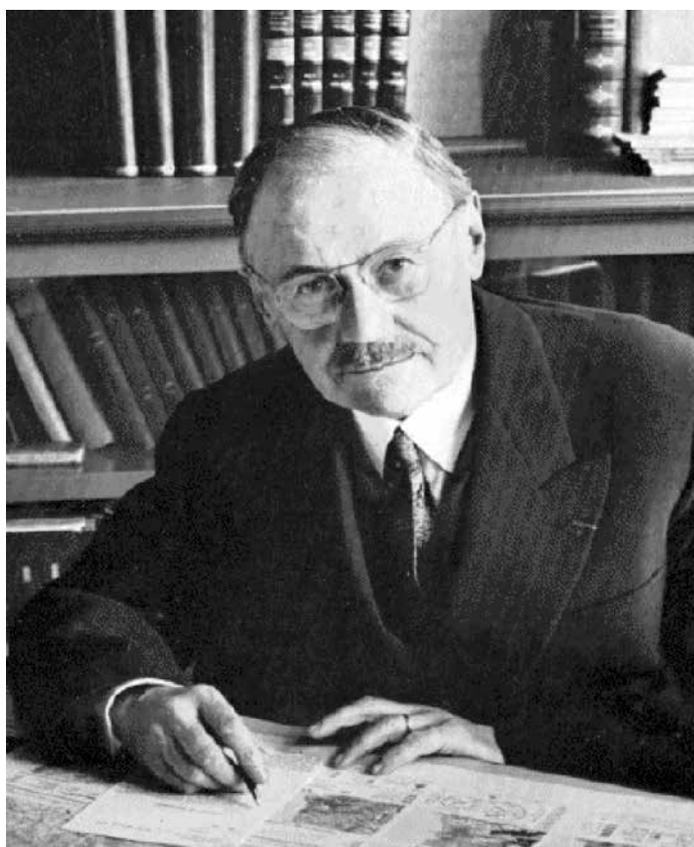


Figure 5 : La contribution décisive de Gaussen

▲
Henri Gaussen (1891-1981) devant une feuille de la carte de la végétation à 1 : 200 000
(Source : Service commun d'études et de conservation des collections patrimoniales - Université Paul Sabatier, Toulouse)

▲
Son 1^{er} article dédié au Pin à crochets publié en 1923 dans le bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse

3.2 • Le Pin de Bouget ou l'émergence des échanges géniques entre Pins sauvages

Contrairement à Ramond et Timbal-Lagrave qui voyaient le Laricio ou le Salzmann dans la montagne de Cauterets, Gaussen soulève en 1931 la question de l'hybridation, car il a aussi remarqué des formes intermédiaires entre Pins à crochets et sylvestre en haute vallée d'Aure (*in* Les forêts de la vallée d'Aure, 1931).

Bouget, botaniste avisé, lui a déjà signalé un conifère ressemblant au Pin sylvestre, mais pourvu de cônes luisants à écussons latéralement mieux développés, en ces termes : « Il diffère du vrai sylvestre par son port assez trapu, par sa tige dont l'écorce est d'un brun foncé en bas et rougeâtre vers le haut. Les feuilles sont plus courtes, plus foncées et plus persistantes. [...] c'est une variété ou race analogue à celle d'Auvergne, d'Ecosse, de Genève, de Riga [...]. Ce type de Pin occupe une aire assez étendue dans tout le grand massif de Cauterets » (*in* Flous, 1934).

Gaussen penche plutôt pour l'origine hybride du Pin de Bouget (figure 6), si bien que dans son ouvrage de référence, *Les Gymnospermes actuelles et fossiles*, il distingue en 1960 deux hybrides⁶ au sein de nos pins sauvages :

- *Pinus rhaetica* Brügger (1886), (= *P. silvestris* x *P. uncinata*), indiqué pour la première fois par Christ en haute Engadine dès 1864, et observé par Guinier dans le Jura en 1958,
- *Pinus bougeti* Flous (1933), (= *P. uncinata* x *P. silvestris*), aux Pyrénées.



Figure 6 : Pin de Bouget au Marcadau
(source CNRS : photo n° 528, BD
Gaussen 1932)

3.3 • Le tournant du typage génétique des populations naturelles

Ce n'est qu'à partir des années 1980 qu'émerge une prise de conscience parmi les forestiers praticiens en faveur de la protection des pools génétiques, dégagée d'intentions productivistes. À cette époque en effet, grâce aux nouveaux outils d'investigation génotypique, débute l'analyse de pineraies sauvages (figure 7) au moyen de divers marqueurs biochimiques : terpènes testés sur le Pin à crochets (Cantegrel, 1982) et polyphénols sur le Sylvestre (Lebreton *et al.*, 1990) ainsi que sur leurs hybrides (Lauranson-Broyer & Lebreton, 1993) parfois regroupés sous l'appellation « Pin de Bouget ». Toutes ces études tendent à démontrer la variabilité génétique des pins sauvages, jusqu'au sein même des populations pyrénéennes.

En élargissant l'horizon à l'ensemble des essences spontanées des Pyrénées, certains forestiers amplifient alors le message ciblé sur la protection impérative des ressources forestières locales vis-à-vis de toute pollution génétique (Cantegrel, 1983, 1984) et sur la préservation de leur diversité génétique (Bartoli & Largier, 1997).

À l'aube du XXI^e siècle enfin, renforçant la pertinence d'une telle démarche, les nouvelles techniques pointues décryptant l'ADN⁷ nucléaire, mitochondrial ou chloroplastique, permettent la mise en évidence de flux de gènes à l'intérieur et entre populations échantillonnées et étayent l'explication de la diversité génétique neutre⁸ des pins sauvages (Soranzo *et al.*, 2000 ; Bodin, 2002 ; Prus-Glowacki *et al.*, 2003 ; Dzialuk, 2009). Dans cette veine, signalons les travaux de génotypage dernièrement réalisés dans les Pyrénées visant à la fois la caractérisation des ressources en *Pinus silvestris* et *P. uncinata*, et la quantification du taux d'hybridation entre ces deux taxons (voir plus loin en 3^e partie).

⁶ Si l'on élargit la prospection à l'ensemble des pins sauvages européens, deux autres hybrides de Sylvestre avec le Pin des tourbières et le Mugo sont décrits au XIX^e siècle :

- *Pinus digena* Beck (1888) (= *P. silvestris* x *P. rotundata*, selon Holubiková 1965), signalé sur les tourbières de Bohême.
- *Pinus celakiovskiorum* Ascherson & Graebner (1897) (= *P. mugo* x *P. silvestris*), en Europe centrale.

⁷ Acide désoxyribonucléique.

⁸ Caractérisée sur la base de marqueurs moléculaires non soumis à sélection naturelle.

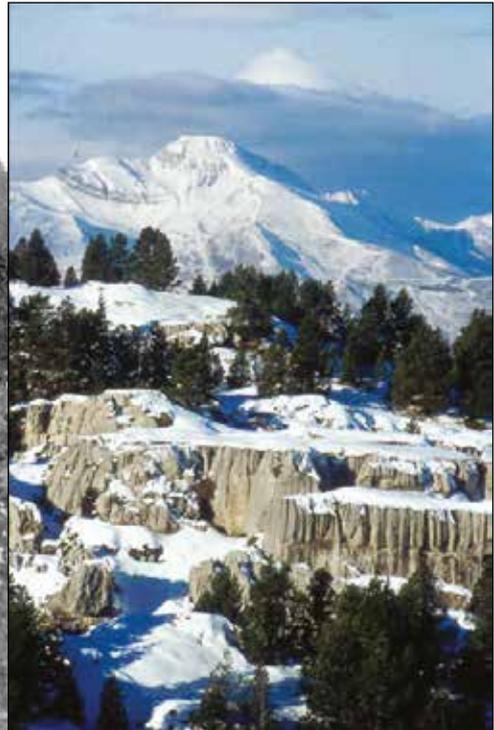


Figure 7 : Deux populations marginales de Pin à crochets pyrénéen

▲
*La tourbière de Pinet, à Linaigrette et Pin à crochets :
 une pineraie relictuelle du Tardiglaciaire (source
 CNRS : photo n° 390, BD Gaussen 1925)*

▲
*La pineraie karstique d'Anie
 à la limite occidentale de l'aire du Pin à crochets
 (photo Jean-Annick Charles)*

3.4 • Le label d'origine des Pins sauvages

De façon concomitante, les nouveaux besoins d'afforestation en montagne pour des impératifs de prévention des risques naturels ou des motifs paysagers conduisent certains acteurs territoriaux à exiger l'utilisation de semences locales lors des chantiers de boisement à caractère non productif. Ainsi une démarche originale et multipartenariale (figure 8) vise-t-elle à organiser dès 2005 dans les Pyrénées occidentales une filière de production de plants de Pins à crochets et sylvestre de diverses provenances pyrénéennes pour l'implantation de boisements paravalanches, de pièges à neige dans les stations de ski, ou bien pour la réhabilitation paysagère de domaines skiables.

On assiste enfin, en ce début de XXI^e siècle, à l'émergence d'une appropriation du label d'origine des Pins sauvages et à la valorisation des ressources génétiques forestières pyrénéennes par les collectivités territoriales.

Au terme de cet historique montrant l'évolution des regards portés sur les Pins sauvages des Pyrénées, il est clair que la **gestion multifonctionnelle des massifs exige encore une meilleure compréhension de l'organisation des systèmes arborés montagnards et subalpins.**

C'est pourquoi l'étude de la diversité génétique des Pins sauvages constitue une avancée considérable à la fois pour la recherche et pour la gestion durable des massifs forestiers. Au niveau des ressources génétiques en effet, ne parle-t-on pas encore ici ou là d'espèces « pures » de Pins à crochets et sylvestre par opposition aux individus hybrides ? **Un large pas reste à accomplir pour considérer ces taxons comme ayant dès l'origine co-évolué en échangeant des gènes au long des périodes post-glaciaires.** Les pools génétiques considérés au début comme solitaires s'avèrent désormais solidaires...

N'est-ce pas là le fondement d'une gestion patrimoniale de nos attachantes pineraies sauvages qui signent la beauté et l'originalité des forêts pyrénéennes d'altitude ?

Pin à crochets et Pin sylvestre

L'appellation *pins pyrénéens* désigne les populations naturelles de deux espèces majeures couvrant de larges étendues de la chaîne des Pyrénées :

- ▶ le pin sylvestre *Pinus sylvestris* L.
- ▶ le pin à crochets *Pinus uncinata* Ramond

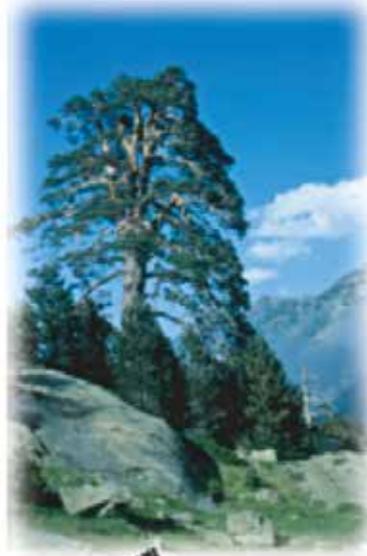
Les deux espèces sont capables de s'hybrider. Un type hybride non fixé est décrit aux Pyrénées par Florence Ficus en 1933 sous le nom *Pinus bougeti* ou pin de Bouget.

Comment les reconnaître ?

Pin à crochets



Pin sylvestre



Cône asymétrique, brun luisant.
Écailles à écusson proéminent,
recourbé en crochets



Cône brun mat.
Écailles à écusson
peu saillant



Aiguilles bilobées,
vert sombre



Aiguilles
légèrement
vrillées, vert
glauque

Planche extraite de La Grande Flore Illustrée des Pyrénées - Marcel SAULE

Figure 8 : La plaquette de vulgarisation dédiée aux Pins sauvages des Pyrénées
(sources : Départements 64 & 65, CBNPMP, ONF, La grande flore illustrée des Pyrénées)
Planches botaniques reproduites avec l'aimable autorisation de Marcel Saule

BIBLIOGRAPHIE 1^{ère} PARTIE

- Amigo J.J. 1984 – *Le journal de voyage botanique de A.P. De Candolle dans les Pyrénées Catalanes (1807)*. Prades, Terra Nostra, **51**, 96 p.
- Bartoli M. & Démesure-Musch B. 2003 – Plus d'un siècle d'intervention humaine dans les flux des gènes des Pins à crochets et Sapins français. *Rev. For. Fr.*, LV (6) : 543-556.
- Bartoli M. *et al.* 1997 – *Forêts pyrénéennes. Milieux, Histoire, Gestion, Portraits*. Ouvrage collectif, Ibos, éd. Randonnées Pyrénéennes, 160 p. + 24 ann.
- Bartoli M. & Largier G. 1997 – Les arbres pyrénéens en questions. *Courrier de l'environnement de l'INRA* **32** : 29-32.
- Bartoli M. 2002 – Aux limites de l'extrême... Le pin à crochets. *Arborescences*, ONF, **96** : 10-29.
- Bodin J. 2002 – *Les Pins de la Tourbière du Pinet ; des Hybrides datant de la dernière glaciation, ou des Pins à Crochets plantés par l'Homme au siècle dernier ?* MST Chimie et Biologie Végétales, Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes, INRA Avignon, 34 p. + ann.
- Cantegrel R. 1982 – *Essai de discrimination de deux populations pyrénéennes de pins à crochets (Pinus uncinata) Anie et Néouvielle. Approche biologique et biochimique. Conséquences pour la sylviculture des pineraies sauvage*. Thèse, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 238 p. + ann. 40 p.
- Cantegrel R. 1983 – Le pin à crochets pyrénéen : Biologie, Biochimie, Sylviculture. *Acta biol. mont.* **2-3**, Pau, Dendaletche Ed., Biocénoses d'altitude (1) : 87-330.
- Cantegrel R. 1984 – Suggestions pour la protection biologique des races forestières locales dans les Pyrénées. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, t. 55 (2) : 201-210.
- De Candolle A.P. 1999 – Voyage de Tarbes 1807. *Première grande traversée des Pyrénées Un voyage dans le Midi de la France*, 1^{re} ed. Loubatières, Portet sur Garonne, 328 p.
- Dzialuk A. *et al.* 2009 – Genetic variation of *Pinus uncinata* (pinaceae) in the Pyrenees determined with cpSSR markers. *Plant Syst Evol*, 277 : 197-205.
- Espinassous L. *et al.* 1984 – Approche ethnographique du Pin à crochets dans les Pyrénées occidentales. *Acta Biol. Mont.* **4**, Pau, Dendaletche Ed., Biocénoses d'altitude (2) : 437-444.
- Flous F. 1934 – *La question des Pins sylvestres aux Pyrénées*. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. LXVI (1), 12 p.
- Gausson H. 1923 à 1927 – *Le Pin à crochets dans les Pyrénées*. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 1^{er} art. 1923, LI : 581-600, 2^e art. 1925, LIII : 150-159, 3^e art. 1927, LV : 208-230.
- Gausson H. 1960 – *Les Gymnospermes actuelles et fossiles*. Trav. Labo. For. Toulouse, **II**, sect. 1, col. 1 (6), 272 p.
- Guinier Ph. 1960 – A propos du « Pin de montagne » : un traquenard botanique pour les forestiers. Les notions d'espèce et d'essences. *Forêts de France et actions forestières*, 92 : 7-8.
- Guinier Ph. & Pourtet J. 1951 – Les variations du *Pinus montana* Miller du Tyrol au Briançonnais (Réflexions de forestiers). *Bull. soc. bot. France*, extrait de la 78^e Session extraordinaire 1950, **98** : 123-127 + pl. XV à XVII.
- Hickel R. 1932 – Le Pin de montagne de Miller. *Bull. soc. dendrologique France*, **82** : 21-33.
- Lauranson-Broyer J. & Lebreton Ph. 1993 – Flavonoids and Morphological traits of Needles, as Markers of Naturel Hybridization between *Pinus uncinata* Ram. and *Pinus sylvestris* L. *Biochem. Syst. Ecol.*, **21(2)** : 241-247.
- Lebreton Ph. *et al.* 1990 – Variabilité polyphénolique et systématique du pin sylvestre *Pinus sylvestris* L. *Ann. Sci. For.* (47) : 117-130.
- Métaillié J.P. 1999 – Le conquérant des estives. In Le Pin à crochets. Pau, Ed. du Pin à crochets, *Les feuilles du Pin à crochets* (1) : 26-37.
- Mullenbach P. 1982 – La limite supérieure de la forêt du point de vue forestier. In La limite supérieure de la forêt et sa valeur de seuil. Colloque de Perpignan 1981, Prades, *Terra Nostra* : 99-111.
- Prus-Glowacki W. *et al.* 2003 – Genetic differentiation of autochthonous populations of *Pinus sylvestris* (Pinaceae) from the Iberian peninsula. *Plant Syst. Evol.*, **239** : 55-66.
- Ramond L. 1981 – *Observations faites dans les Pyrénées, pour servir de suite à des observations sur les Alpes*, 1789. Réimpression Laffite, Marseille, 452 pp.
- Ramond L. 1931 – *Carnets pyrénéens (1792-1795)*. Ed. de l'Echauguette, Lourdes, **2**.
- Ramond L. 1997 – *Herborisations dans les Hautes-Pyrénées ou essai pour servir à l'histoire naturelle tant des végétaux qui y croissent spontanément que de ceux qu'une culture habituelle y a naturalisés*. Randonnées Pyrénéennes, Ibos, 1^{re} ed., 160 p.
- Soranzo N. *et al.* 2000 – Patterns of variation at a mitochondrial sequence-tagged-site locus provides new insights into the postglacial history of European *Pinus sylvestris* populations. *Molecular Ecology*, **9** : 1205-1211.

2^e PARTIE

***RENCONTRE ENTRE SOCIÉTÉS
MONTAGNARDES ET PINS SAUVAGES***

1• JALONS POUR UNE HISTOIRE DU PIN À CROCHETS (*PINUS UNGINATA* RAMOND EX DC) DANS LES PYRÉNÉES

Didier Galop

Laboratoire GEODE UMR 5602 CNRS Université de Toulouse 2,
5 Allées A. Machado, 31058 TOULOUSE Cedex 9

*Essence emblématique des zones subalpines, le Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ram. ex DC) n'a probablement pas le prestige des essences considérées comme plus nobles telles que le Hêtre ou le Sapin. Sans doute fait-il ici les frais de sa morphologie inappropriée à une réelle exploitation commerciale ou bien de sa relative inaccessibilité? Pourtant si l'on considère sa trajectoire historique remontant aux premiers stades de la reconquête forestière postglaciaire et son rôle essentiel, au centre des interactions homme/environnement, dans les zones de haute montagne, le Pin à crochets pourrait sans conteste être placé au rang d'essence patrimoniale.*

*Cette affirmation trouve son origine dans les apports fournis au cours de ces dernières décennies par les disciplines du paléoenvironnement, telles que la palynologie ou l'antracologie, qui ont permis de reconstituer l'histoire de cette essence au cours des 18 derniers millénaires à partir des témoignages fossiles contenus dans les archives sédimentaires des Pyrénées. Si les apports de ces disciplines sur l'histoire de *Pinus* dans les Pyrénées sont nombreux ils n'en restent pas moins entachés d'une imprécision majeure : de quel Pin s'agit-il précisément?*

*Ainsi, concernant la palynologie, contrairement à d'autres espèces du genre *Pinus* (*P. cembra*, *P. pinaster*, par exemple), la différenciation entre les grains de pollen de *P. sylvestris* et de *P. uncinata* (photo 1) n'est pas aisée tant leur morphologie est semblable (Huntley & Birks, 1983). La distinction pollinique entre ces deux espèces ne semble pouvoir être assurée qu'à l'aide d'analyses statistiques intégrant de nombreux critères morphométriques (Aytug, 1962) dont la mise en œuvre reste aléatoire et chronophage, d'autant plus aléatoire que les hybridations entre ces deux taxons viennent complexifier la détermination. Aussi, est-il commun de ne voir pour l'ensemble des diagrammes palynologiques réalisés dans le massif pyrénéen qu'une seule courbe, correspondant au genre *Pinus* et intégrant de manière globale l'ensemble de la production pollinique des pins pyrénéens. De son côté, l'antracologie qui consiste en la détermination et l'analyse des restes ligneux carbonisés, si elle offre une plus grande précision spatiale, ne permet pas non plus de différencier les deux espèces avec certitudes, les critères anatomiques de distinctions évoqués pouvant être fortement influencés par des conditions stationnelles (Davasse, 2000). Au final, seule l'analyse des restes de stomates conservés dans les sédiments (photo 2) et qui sont de bons marqueurs de la proximité des arbres (Amman & Wick, 1993) et plus encore celle des macrorestes végétaux fossiles (Birks, 2002) sont en mesure de permettre une distinction entre les Pins. Malheureusement de telles études n'ont jamais été réellement entreprises dans les Pyrénées et en définitive seule la localisation et plus encore l'altitude des sites d'études permet d'attribuer à l'espèce *P. uncinata* ou *P. sylvestris* les témoignages paléobotaniques sur lesquels se fondent les études paléoenvironnementales.*



Photo 1 – Photographie au microscope électronique à balayage d'un grain de pollen de *Pinus uncinata*
© D. Galop CNRS



Photo 2 – Stomate fossile de *Pinus uncinata* contenu dans les sédiments holocènes du lac du Pé d'Estibère (2 150 m, Htes-Pyrénées) © D. Galop CNRS

1.1 • Les pinèdes pyrénéennes depuis le retrait des glaciers

Malgré leur occurrence régulière dans les enregistrements polliniques avec des fréquences conséquentes durant toute la période glaciaire (Jalut & Turu I Michels, 2008), les pollens de pins correspondent aux émissions parfois lointaines de peuplements épars, situés aux pieds des Pyrénées dans un environnement aride dominé par les steppes. Ce n'est en fait qu'à partir du Tardiglaciaire, il y a environ 14 700 ans, que s'opère un réchauffement climatique entraînant un retrait des langues glaciaires et une première expansion des arbres en milieu montagnard. Tout d'abord marquée par le développement du Genévrier et du Bouleau mieux adaptés à l'insolation ainsi qu'aux conditions thermiques encore rigoureuses, cette première phase de recolonisation forestière n'impliquera le développement des pinèdes qu'un demi-millénaire plus tard, durant l'Alleröd, il y a 14 000 ans. Cette expansion du Pin visible sur les diagrammes polliniques (figure 1) est également remarquée dans les assemblages anthracologiques de plusieurs sites paléolithiques jusqu'à une altitude proche des 1 000 m et dans lesquels ont été retrouvés des charbons de *Pinus* type *uncinata/sylvestris* (Heinz, 2002). À partir de la fin du Tardiglaciaire s'enclenche une remontée altitudinale des essences forestières et, dans ce lent processus, c'est aux niveaux des étages montagnard et subalpin que les pins trouvent leurs aires de prédilection (figure 1).

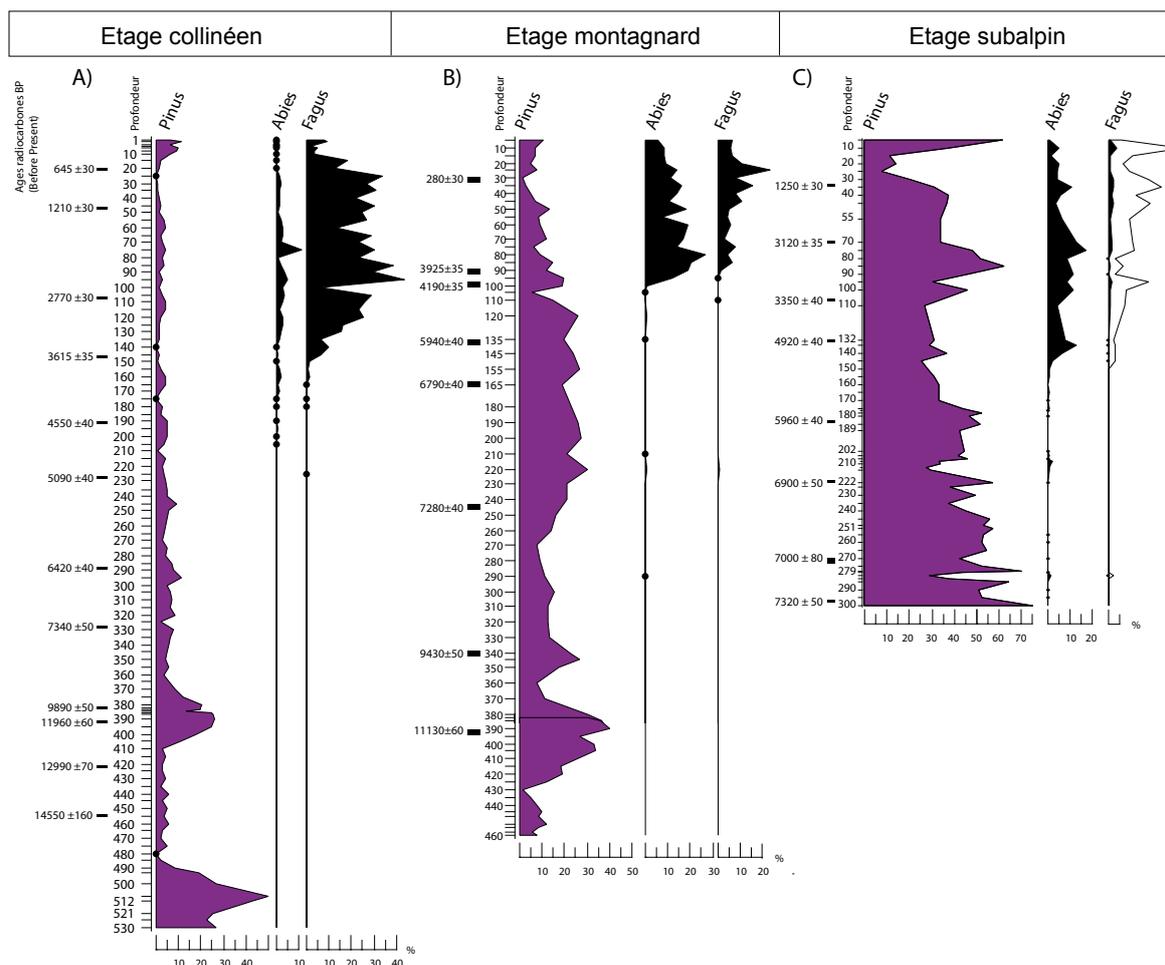


Fig. 1 - Évolutions comparées du Pin en fonction des étages de végétation à partir de trois enregistrements polliniques des Pyrénées centrales :

a) Étage collinéen : Col d'Ech (710 m, bassin de Lourdes) ;

b) Étage montagnard : Tourbière de Piet (1 150 m, vallée d'Ossau) ;

c) Étage subalpin : Tourbière de Troumouse (2 120 m, Cirque de Troumouse)

Concernant la conquête des zones subalpines par le Pin à crochets, les travaux réalisés par S. Aubert (2001, 2004), combinant le traitement statistique de nombreuses séries polliniques pyrénéennes et une prise en compte des stomates de conifères ont permis à l'auteur d'établir une estimation des variations altitudinales de la limite supérieure des forêts subalpines au cours des 18 derniers millénaires (figure 2). Bien que sujette à critiques, en particulier pour les périodes s'étalant de - 5 000 à nos jours, cette reconstitution met en évidence plusieurs points importants. C'est en premier lieu l'existence d'un gradient chronologique est-ouest de la recolonisation forestière des milieux

montagnards au début du postglaciaire. Et ensuite, contrairement à une vision influencée par la carte de végétation de Gaussen (Dupias, 1985), il ressort que les pinèdes à crochets n'ont pas toujours été l'archétype « climatique » des forêts subalpines pyrénéennes. En effet, dès le début du postglaciaire et durant toute la première moitié de l'Holocène¹, les espaces d'altitude situés entre 1 800 et 2 200 m, tout particulièrement dans les Pyrénées centrales, ont été dominés par la présence du Bouleau, confirmée par des restes de *Betula* datés de 7 000 avant le présent, récemment découverts dans la tourbière du lac des Aires à Troumouse à 2 200 m d'altitude. Selon S. Aubert (2001), les conditions climatiques du début du postglaciaire marquées par des précipitations hivernales importantes, couplées à des températures plus froides au début et à la fin de la période de végétation devaient être défavorables au Pin. Ce ne serait alors qu'à la faveur d'une réduction des précipitations et de l'amplitude thermique annuelle que le Pin, plus résistant à la sécheresse, prendrait il y a environ 6 000 ans une place prépondérante dans l'étage subalpin et en limite supraforestière, au moment même où les manifestations de l'activité humaine deviennent évidentes à ces altitudes (Galop, 2006 ; 2013). Une autre page de l'histoire des pinèdes à crochets commence dès lors à s'écrire.

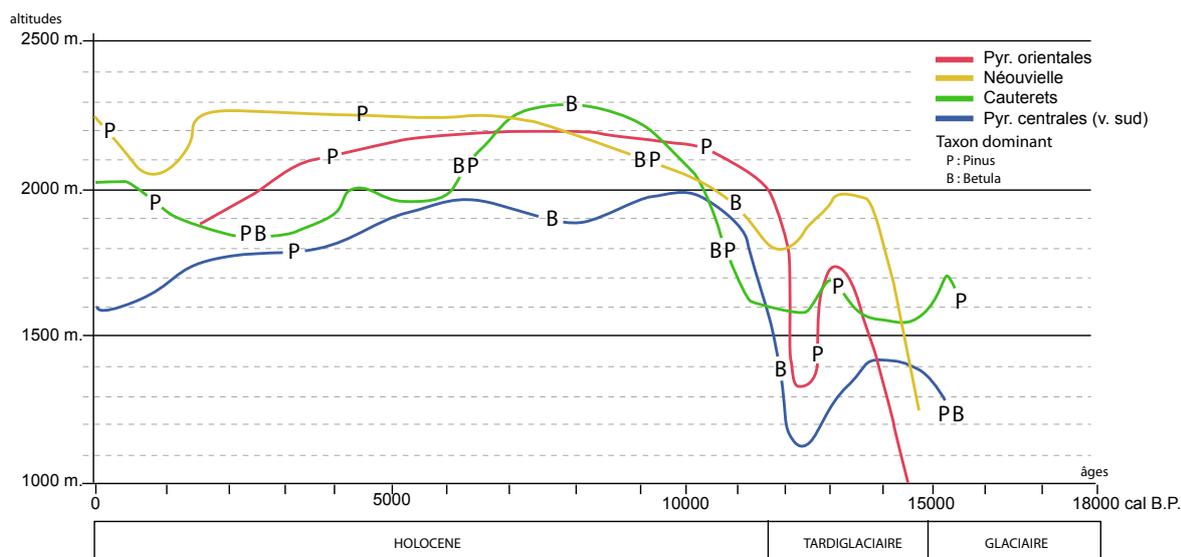


Fig.2 - Estimation de la variation altitudinale de la limite supérieure des forêts subalpines dans les Pyrénées (modifiée d'après Aubert, 2001). Les âges cal. BP (âges radiocarbone calibrés) correspondent aux années calendaires avant le présent.

1.2 • Des pinèdes exploitées

L'exploitation des pinèdes à crochets par les sociétés montagnardes est ancienne et plurimillénaire. Elle remonte aux premières manifestations d'une fréquentation des zones de haute altitude par les sociétés pastorales enregistrées vers 4 000 – 3 500 av. J.-C., à la charnière entre le Néolithique ancien et moyen (Galop, 1998 ; 2006). Ainsi que le montrent les données polliniques de la tourbière du Pla de l'Orri (figure 3) située sur le versant de la montagne d'Enveitg en Cerdagne, des déforestations à vocation pastorale affectent les pinèdes durant le Néolithique et impactent plus durement encore l'étage montagnard ainsi que le suggère la forte réduction des sapinières. Des indices de brûlis, vieux de 5 000 ans, contemporains de ces premières déforestations ont par ailleurs été découverts à 2 220 m d'altitude sur le même versant (Galop, 1998 ; Vannière *et al.*, 2001).

La construction des estives, de plus en plus vastes au cours du temps, à partir des zones naturellement asylvatiques, semble être le principal moteur d'une réduction progressive des pinèdes d'altitude pyrénéennes, voire de leur disparition, et de l'abaissement de la limite supérieure des forêts. Ainsi que l'illustre l'enregistrement du Pla de l'Orri (figure 3), cette réduction s'est opérée graduellement, en suivant les fluctuations de la pression pastorale au cours des cinq derniers millénaires, avec toutefois plusieurs phases d'accélération notables, enregistrées durant l'Âge du Bronze, le haut Moyen Âge et la période médiévale.

¹ Période succédant au Tardiglaciaire, i.e. de 10 000 ans avant le présent jusqu'à nos jours.

Victime des déboisements consécutifs au développement des activités pastorales, le Pin à crochets représentait également la principale source de combustible nécessaire à de multiples autres activités, telle que la fabrication de torches évoquée par Chevalier (1956), mais pas seulement. C'est ce que démontre une étude interdisciplinaire réalisée par l'équipe de l'Institut Catalan d'Archéologie Classique entre 1 800 et 2 500 m d'altitude dans les hautes vallées du Riu Madriu (Andorre) et de la Vansa (Alt Urgell) : les archéologues ont mis au jour au-dessus de 2 000 m d'altitude plusieurs structures archéologiques, datées entre le I^{er} siècle avant J.-C. et le III^e siècle de notre ère, correspondant à des fours de grillage du minerai ou utilisés pour la fabrication de résine. Ces fours contenaient quasi exclusivement des charbons de *Pinus* type *uncinata* à l'instar des foyers, domestiques ou non, identifiés dans l'ensemble des structures pastorales fouillées dans les mêmes secteurs (Euba Rementiera & Palet Martinez, 2010). Ces témoignages d'une exploitation ancienne et spécifique des forêts de Pin à crochets viennent compléter les travaux réalisés en haute Ariège sur le charbonnage des forêts subalpines destiné à l'approvisionnement en charbon de bois des établissements métallurgiques (Bonhôte & Vernet, 1988). Ces recherches basées sur l'inventaire et l'étude anthracologique des restes de charbonnières présents jusqu'à 2 200 m d'altitude ont démontré l'impact considérable du charbonnage sur les boisements subalpins. Dans certaines vallées métallurgiques de Haute Ariège (Vicdessos, Aston), mais aussi du versant sud (Pallars, Andorre) l'intensification de cette pratique a contribué dès la fin du Moyen Âge et en association avec une augmentation de la pression pastorale, à une éradication des pinèdes ou, a minima, à un abaissement drastique de la limite supérieure des forêts.

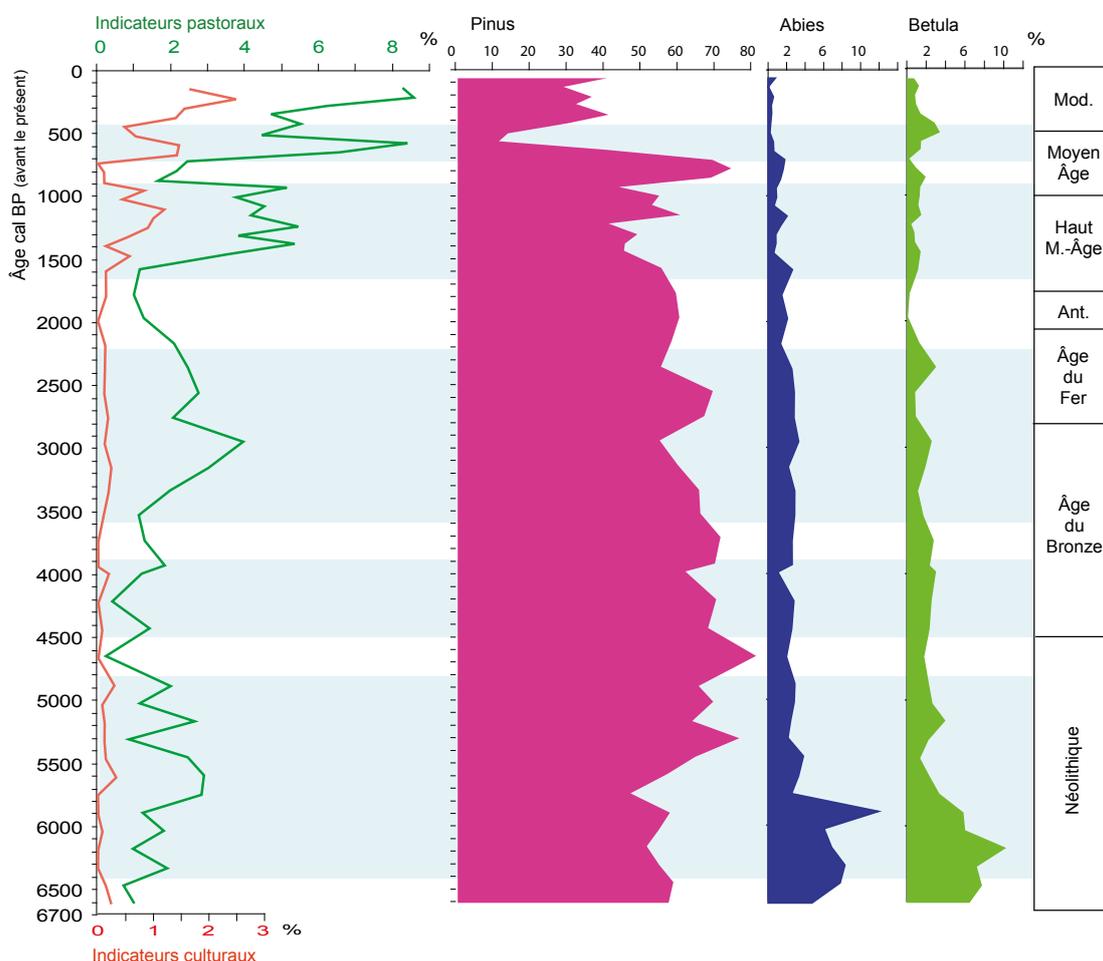


Fig. 3 – Diagramme pollinique simplifié du Pla de l'Orri, 2 120 m. (Montagne d'Enveitg, Cerdagne). En bleuté, les principales phases d'attaques de la forêt subalpine pour lesquelles on notera la correspondance entre l'augmentation des indicateurs polliniques du pastoralisme et les phases de recul des pinèdes.

L'exemple présenté dans la figure 4 illustre les liens existant entre activités métallurgiques et histoire des forêts d'altitude : il permet de suivre sur plus de deux millénaires à la fois l'évolution des concentrations polliniques et des stomates de *Pinus* et d'*Abies* enregistrée dans une tourbière du Haut Vicdessos (Ariège), ainsi que celle de son contenu en plomb atmosphérique, qui est un indicateur des pollutions générées localement par les activités minières ou métallurgiques (Monna *et al.*, 2001). Ces données indiquent clairement un synchronisme entre l'élévation des pollutions atmosphériques liées aux pratiques métallurgiques et la réduction de la couverture forestière. Deux phases se détachent : un premier recul des forêts marqué par une baisse des concentrations polliniques et des stomates du Pin et du Sapin s'opère durant l'Antiquité entre les I^{er} et IV^e siècles de notre ère dans un contexte pour lequel les données archéologiques confirment une exploitation minière et métallurgique des espaces d'altitude dans le Vicdessos, mais aussi plus largement sur l'ensemble des Pyrénées de l'Est (Euba Rementiera & Palet Martinez, 2010 ; Bonhôte *et al.*, 2002). Cette première phase n'est pas fatale au couvert forestier ainsi que le signale la persistance des stomates de conifères, même si elle entraîne sans aucun doute de très larges éclaircies.

La phase suivante qui démarre au XII^e siècle est quant à elle plus radicale et entraîne localement une disparition du couvert forestier à partir du XVI^e siècle : elle correspond à la phase médiévale d'explosion de l'activité métallurgique ariégeoise marquée par le développement des forges à la catalane et par une hausse du charbonnage des forêts. À partir de cette date, plusieurs sources confirment la forte exploitation des forêts montagnardes et subalpines : c'est d'une part les données historiques qui attestent d'une remontée progressive des établissements métallurgiques vers l'amont des vallées consécutivement à l'épuisement des ressources forestières de moyenne altitude, et c'est d'autre part, les très nombreuses datations radiocarbones obtenues sur des charbonnières situées au sommet de l'étage montagnard et dans l'étage subalpin qui situent au cours de l'époque moderne l'explosion de cette pratique à ces altitudes (Euba Rementiera & Palet Martinez, 2010 ; Davasse, 2000).

Ce scénario propre aux vallées métallurgiques ariégeoises ou catalanes, ne saurait cependant être généralisé à l'ensemble de la chaîne où seule l'exploitation pastorale semble avoir eu raison des boisements d'altitudes dans les zones marquées par une très forte fréquentation durant la période historique (Vallées des gaves, Ossau). Tandis que dans d'autres secteurs moins attractifs ou accessibles, les pinèdes à crochets bien que fragmentées et éclaircies se sont maintenues ; c'est notamment le cas dans le massif du Néouvielle.

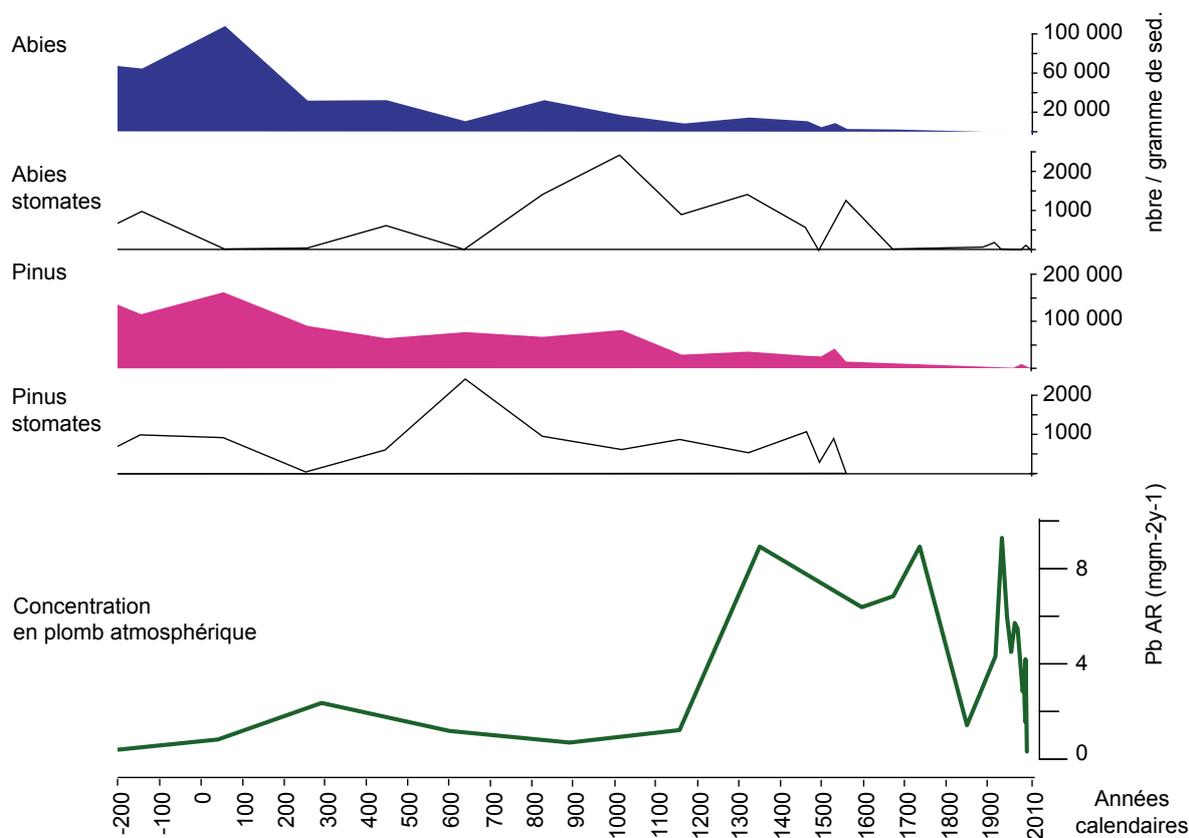


Fig. 4 – Activités métallurgiques et évolution des forêts d'altitude dans la haute vallée du Vicdessos depuis le III^e siècle av. J.-C. (vallée de Bassiès ; tourbière de l'Orri de Théo, 1 640 m)

1.3 • La reconquête des pinèdes : entre forçage climatique et conséquences de l'abandon des pratiques agropastorales

L'expansion du Pin à crochets est aujourd'hui manifeste (photo 3). Elle participe au processus de recolonisation forestière qui concerne une large partie de la chaîne pyrénéenne (Roura-Pascual *et al.*, 2005 ; Houet *et al.*, 2012) et, à titre d'exemple, on estime que sur le versant sud des Pyrénées les pinèdes auraient progressé de près de 8 900 ha entre 1956 et 2006 en se développant à haute, mais également à basse altitude (Améztegui *et al.*, 2010).

Les raisons d'une telle dynamique restent encore sujettes à débats : est-elle consécutive à la réduction des activités humaines qui touche le massif depuis la deuxième moitié du XX^e siècle ? Est-elle influencée par le changement climatique en cours ? Ou bien, s'agit-il d'un processus complexe faisant interagir à différentes échelles les deux facteurs de forçage ? À l'échelle stationnelle, l'absence de corrélation directe entre le recrutement des populations de Pin à crochets et la dynamique de la pression pastorale semblerait indiquer que l'affaiblissement de cette activité n'expliquerait pas la reconstitution des pinèdes et que la modification du climat resterait le paramètre essentiel (Camarero & Gutierrez, 2007). À plus large échelle, celle du massif, des travaux récents tendent par contre à prouver que l'affaiblissement des activités humaines serait bien la cause principale de l'expansion de *Pinus uncinata* dans les Pyrénées (Améztegui *et al.*, 2010). C'est ce que tend également à démontrer le cas du Haut Vicdessos en Ariège où certaines vallées pastorales sont aujourd'hui recolonisées par le Pin à crochets (Galop *et al.*, 2011).



la situation en aval du lac de l'Escale en 1976
© F. Taillefer



la même situation en 2009
© D. Galop CNRS

Photo 3 – Photo comparaison illustrant l'extension des pinèdes à crochets dans la haute vallée de Bassiès (Haute-Ariège) au cours des 35 dernières années.

Le croisement entre données démographiques, reconstitution de l'évolution des charges pastorales et dynamique du Pin à crochets (figure 5) en Haute Ariège met en évidence les synchronismes unissant ces dynamiques. En s'amorçant dès le début du XX^e siècle à la faveur d'une nette diminution de la pression pastorale, la reconquête des zones d'estive par le Pin s'accélère à partir des années 50 puis connaît une phase d'expansion majeure à partir de la fin des années 80, à la faveur d'une quasi disparition de l'élevage dans ces hautes vallées. Comme c'est le cas dans les Pyrénées orientales, et plus largement sur le versant sud, le Pin à crochets gagne du terrain en recolonisant rapidement les zones subalpines, mais aussi et surtout les anciens terroirs agro-pastoraux de moyenne altitude où il vient s'installer dans des espaces anciennement occupés par des sapinières ou des hêtraies sapinières.

Force est donc de constater que le Pin à crochets n'est plus désormais l'arbre « relégué aux endroits dont ne veulent pas les autres arbres » (Gaussen, 1954).

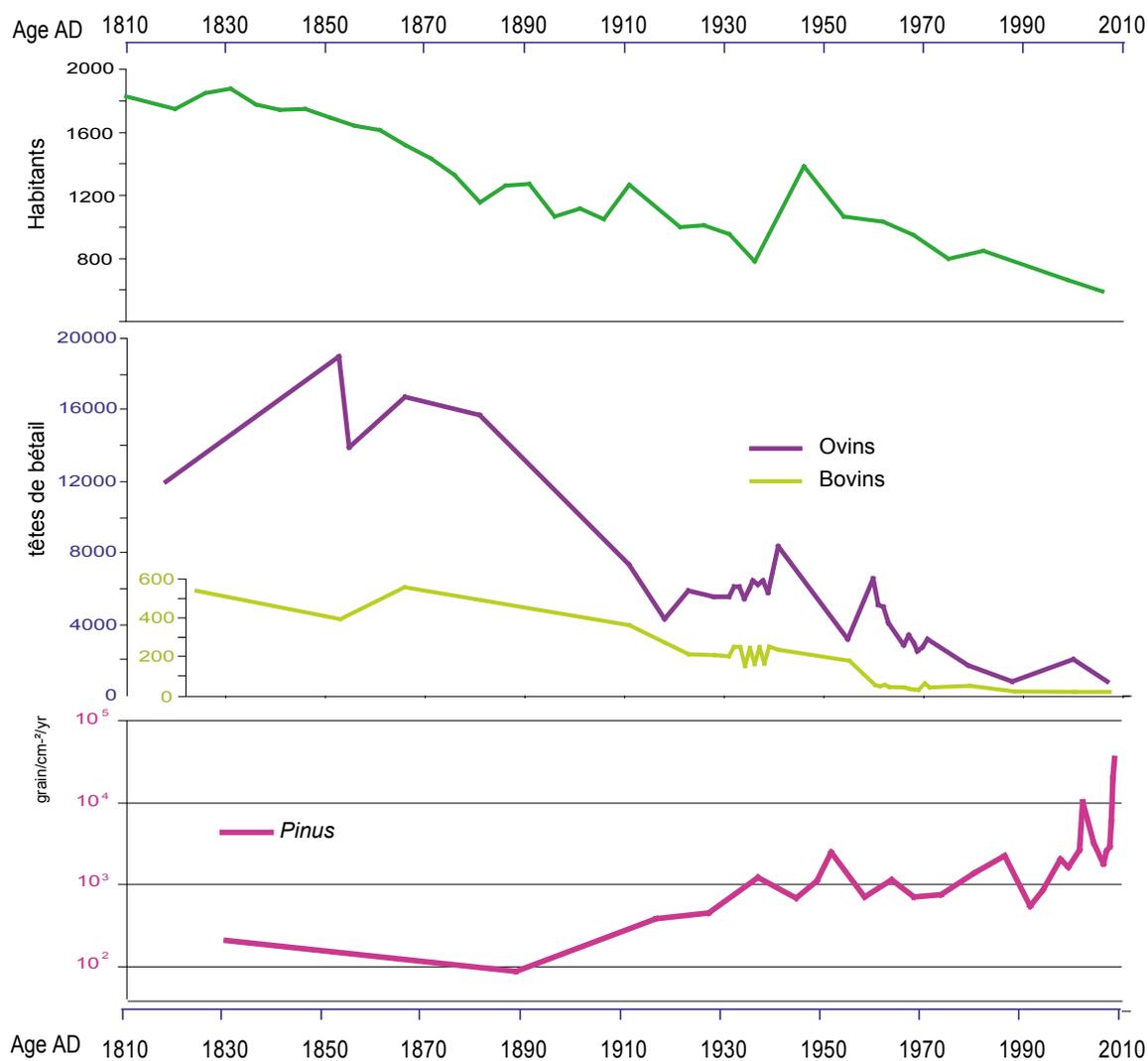


Fig. 5 – Corrélation entre dynamique démographique, charges pastorales et évolution du Pin à crochets dans la vallée de Bassiès (Haute-Ariège) au cours des deux derniers siècles (modifiée d'après Galop et al., 2011)

2 • DES PAYSAGES BOULEVERSÉS : LA RECONQUÊTE DES ESTIVES

Michel Bartoli* & Jean-Michel Mivière**

*Ingénieur en chef du GREF, <michel.bartoli@alsatis.net>

**Technicien forestier, bureau d'études FAIG Bé, <jm.miviere@orange.fr>

Chronologiquement, et aussi curieux que cela puisse paraître, la reconquête artificielle des estives pyrénéennes par le Pin à crochets a débuté avant son retour naturel. La première date de la fin du XIX^e siècle lors des efforts de la Restauration des terrains en montagne (RTM), le second, comme partout, de la guerre de 1914-1918 quand, brutalement, la pression pastorale et ses feux diminuent comme cesse l'utilisation du pin comme bois de chauffage. Le pastoralisme ne baissera vraiment qu'après la dernière guerre, mais depuis, à l'étage subalpin, il se maintient souvent à un niveau encore loin d'être négligeable. Dans la lecture de certains paysages, spécialement dans l'est pyrénéen, il n'est souvent pas facile de distinguer les forêts de reconquête naturelle de celles plantées; elles ont pratiquement le même âge et sont de structure très régulière.

2.1 • Des boisements artificiels très extensifs

Quand, à la fin du XIX^e siècle, il a fallu recréer des forêts dans les montagnes de France, le besoin de disposer d'une espèce frugale adaptée aux hautes altitudes a très souvent conduit au choix du Pin à crochets (Bartoli & Demesure-Müsch, 2003). De 1861 à 1964, ce furent les sécheries de La Llagone puis celle de La Cabanasse (Pyrénées-Orientales) qui assurèrent la totalité de l'approvisionnement en graines en France et même au-delà (Rosenstein, 1993). Puis, jusque dans les années 1970, la pépinière de La Cabanasse fournit encore des plants d'origine « Cerdagne ».

Cette production a été absolument colossale puisque dans la période la plus faste, de 1891 à 1903, il a été préparé près de 39 tonnes de graines désaillées soit de quoi produire environ 1 milliard de plants ! Il est difficile de savoir combien d'hectares ont été plantés en pins à crochets : la technique du semis direct, la mise en place de 2 ou 3 plants par potets et les échecs maintes fois repris nécessitent une autre approche que celle partant des quantités de graines. On peut quand même estimer qu'une grande partie des forêts de Pin à crochets françaises est artificielle ! Puisque cet ouvrage insiste sur les aspects génétiques des populations pyrénéennes, nous allons examiner, dans deux cas précis, quel a pu être l'impact de tels transferts de graines anthropochores, donc de gènes.

2.1.1 • Les ressources génétiques des populations d'origine

Comme nous venons de le voir (chapitre 1 de la 2^e partie), la diversité des populations sources est, *a priori*, déjà malmenée au moment où on l'utilise. Dans cette phase de déboisements des pineraies de Pin à crochets, on retrouve les principaux facteurs qui expliquent comment la diversité génétique a pu être mise à mal :

- 1- quasi-destruction des habitats, donc de la ressource génétique absolue,
- 2- séparation géographique des populations interdisant toute possibilité de brassage des gènes et, souvent,
- 3- constitution d'îlots relictuels de faible taille pouvant entraîner une dérive génétique.

De plus, lors des récoltes, sont utilisées des graines non « des Pyrénées », mais d'une petite partie des Pyrénées orientales et chaque année, la même ou presque. Toutefois, en observant les bordereaux de récoltes, on note que, lors des années de forte cueillette, bon nombre de forêts sont parcourues (19 pour l'année 1899), ce qui assure quand même un bon brassage. Par contre, le nombre de peuplements fut plus limité après la guerre de 14-18 du fait de la diminution des besoins.

Il n'est pas sûr du tout que les graines récoltées en Capcir-Cerdagne proviennent de pins à crochets « purs ». Pour des raisons de facilité d'accès, les récoltes ne concernaient pas les zones les plus hautes constituées de pins à crochets non introgressés. Il a été montré (Lauranson, 1989) que la forêt communale d'Osséja, zone très récoltée vers 1900, est particulièrement riche en pins introgressés. La figure 1 nous semble bien illustrer ce qu'est une population introgressée : le port des arbres est parfaitement identique, mais un pin « à tronc noir » côtoie trois pins « à tronc rouge ». Les cônes récoltés sur le premier ne pouvaient qu'être mis dans les sacs « à crochets », ceux ramassés sur les autres dans les sacs « sylvestre » des récolteurs catalans. En commercialisant des graines de Pin à crochets des Pyrénées-Orientales, on a vraisemblablement déplacé énormément de gènes de Pin sylvestre.

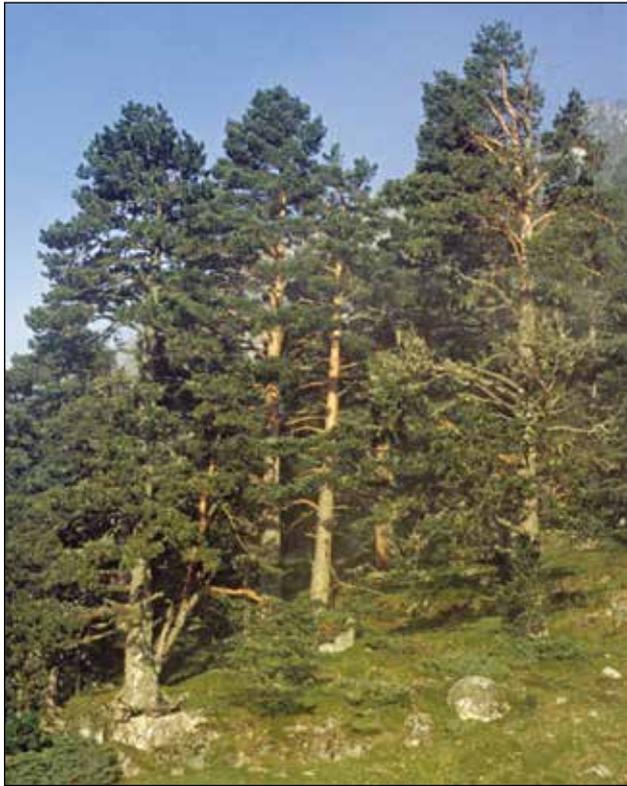


Figure 1 : Non loin du lieu où Joseph Bouget avait découvert le Pin qui porte son nom, on voit trois pins au tronc rouge et un au tronc noir. Trois pins sylvestres et un pin à crochets ? Non, quatre pins introgressés. Mais, les récolteurs de cônes du XIX^e siècle voyaient là deux espèces différentes et séparaient leurs cônes en conséquence. (Photo : M. Bartoli)

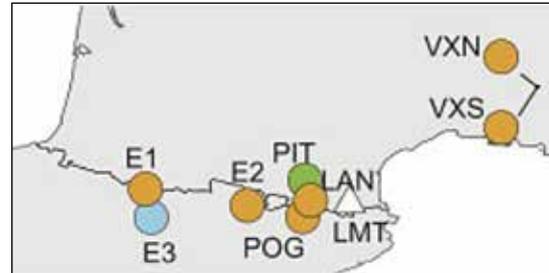


Figure 2 : Les génotypes de différentes populations (cercles) du complexe « Pin à crochets » montrent la proximité entre celles du Ventoux (VXN et VXS) et celles du centre de la chaîne (E1, E2, POG et LAN). Normal, les pins du Ventoux sont d'origine pyrénéenne ! (Source : Heuertz et al. modifié)

2.1.2 • Des gènes pyrénéens au Mont Ventoux

Environ 30 % des graines récoltées ont servi à la reconstitution des forêts de la partie orientale des Pyrénées (Pyrénées-Orientales et Ariège), le reste a alimenté les gigantesques chantiers de reboisement de l'Aigoual et des Alpes du sud dont celui du Mont Ventoux. En 1891/1892, ce dernier reçoit 438 kg de graines de Pin à crochets soit de quoi planter ou semer près de 1 000 ha. C'est, au total, à peu près ce qui a été installé sur ce massif. Il serait donc parfaitement normal que les marqueurs génétiques de ces populations ne les distinguent pas de celles du massif pyrénéen. Génotypés par trois microsattellites chloroplastiques (Heuertz *et al.*, 2009) les échantillons « Ventoux nord » (VXN sur la figure 2) et « Ventoux sud » (VXS) ne se distinguent pas, en effet, de ceux issus de la chaîne (E1, E2, POG et LAN) alors que les populations alpines (non montrées) forment un groupe différent.

Il convient alors de savoir qu'au moment où se pratiquait ce reboisement massif, une petite population naturelle de Pin à crochets subsistait encore au Ventoux. Protégée depuis le milieu du XIX^e, elle couvrait 250 ha vers 1900 (Roux, 1966). Il est évident que son génotype, physiquement éloigné de toute autre population de cette espèce, est noyé sous celui des pins des Pyrénées et qu'un pan de la biodiversité de l'espèce a disparu.

2.1.3 • Une population marginale menacée

Nous venons de parler des populations de Pin à crochets qui se trouvent dans l'étage subalpin des Pyrénées. La figure 2 fait apparaître une population (PIT) qui semble toute proche de celles-là et qui, pourtant, sa couleur verte le montre, s'en distingue génétiquement. Il s'agit des célèbres pins du Pinet, micropopulation installée sur une tourbière à 880 m d'altitude entre Aude et Ariège, bien loin des premières pineraies d'altitude. En 1991, Reille affirmait que ces pins avaient été introduits là lors des grands boisements RTM. Il contredisait ainsi ce qui avait été dit jusqu'alors (Gaussen, 1925; Jalut, 1974), à savoir une population installée là depuis la fin des glaciations et restée dans ce milieu défavorable à toute autre essence. Si les pins avaient été introduits, tout comme ceux du Ventoux, ils devraient avoir un « profil génétique » pyrénéen, ce n'est pas le cas. De plus, lors de la réformation forestière dite de Colbert, ils avaient été signalés par l'arpenteur François Rey le 5 octobre 1668 (figure 3). Ces deux preuves confortent l'hypothèse d'une station relictuelle.

Cette population est aujourd'hui menacée d'une part par la destruction de son habitat – une tentative d'exploitation de la tourbe ayant très fortement accéléré le vieillissement de la tourbière en cours de boisement rapide – et d'autre part par une pollution génétique due à des pins sylvestres introduits à proximité. Trois individus de cette espèce sont déjà présents dans la tourbière et deux très jeunes arbres se sont révélés être des hybrides (Bartoli *et al.*, 2011). Là aussi, un pan de la diversité de l'espèce *Pinus uncinata* est en voie de disparition.

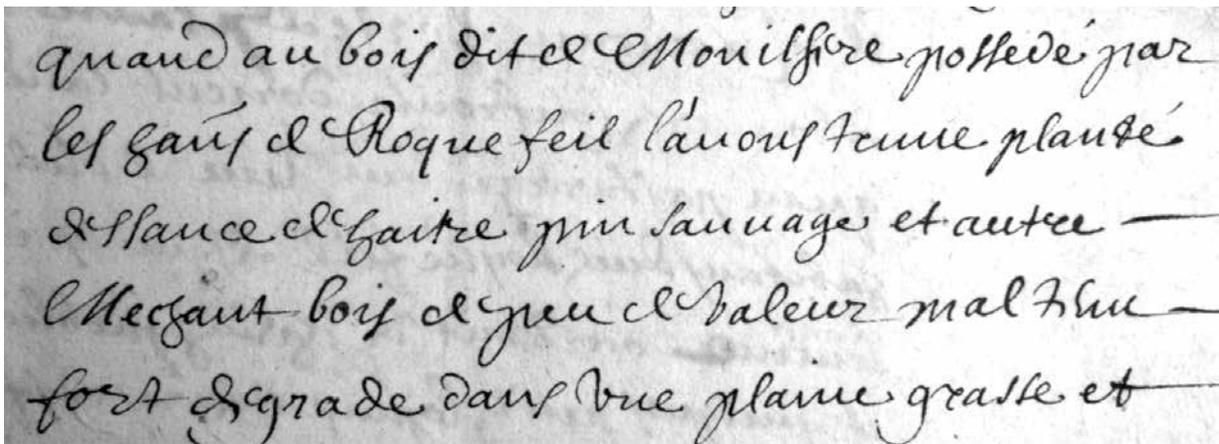


Figure 3 : Extrait du procès-verbal de la visite effectuée le 5 octobre 1668 par l'arpenteur François Rey : « quant au bois dit de Mouillère possédé par les habitants de Roquefeuil, l'avons trouvé planté d'essence de hêtre, pin sauvage et autre méchant bois de peu de valeur, mal tenu fort dégradé dans une plaine grasse et [...] » (Source : Archives départementales de Haute-Garonne, 8 B 144).

2.2 • Une reconquête naturelle explosive

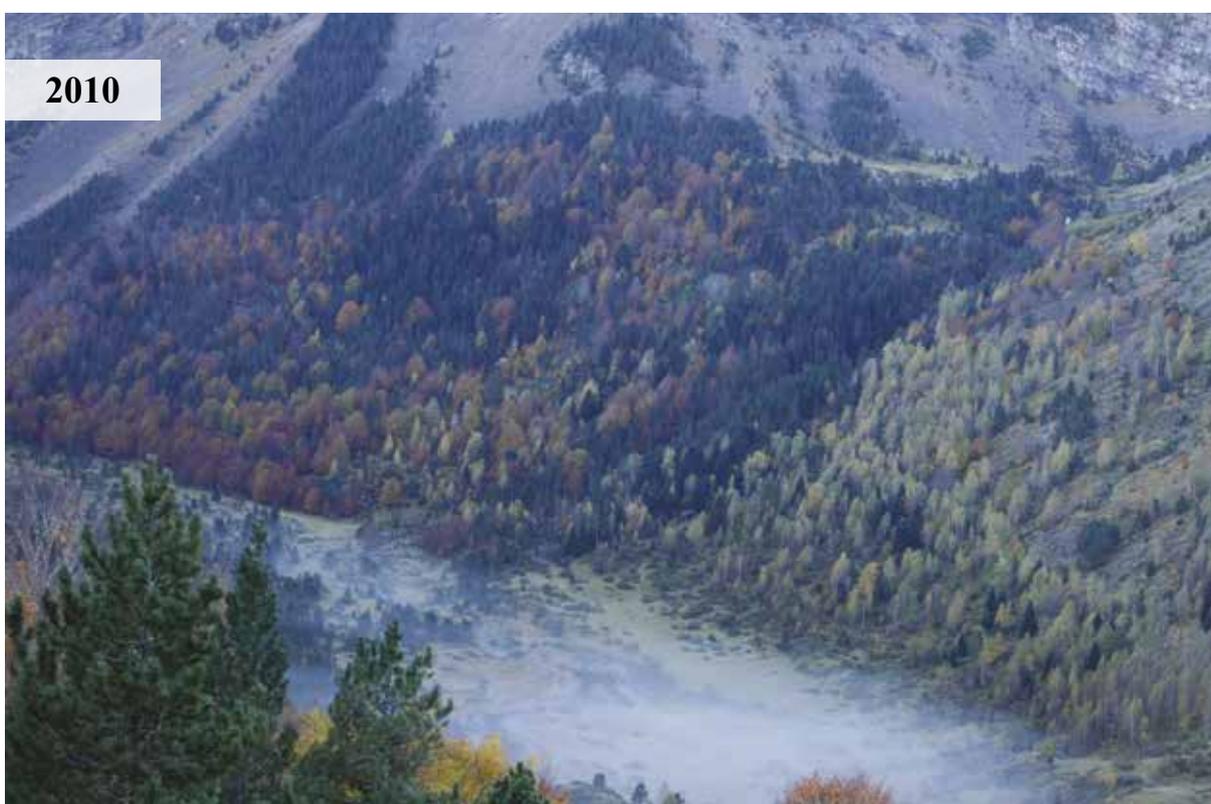
Nous nous trompions en pensant pouvoir comparer deux séries statistiques indiquant, à un siècle d'intervalle, les surfaces des pineraies de Pin à crochets des Pyrénées françaises. Dans la grande région écologique (GRECO) « Pyrénées » de l'Inventaire forestier national¹, on trouve actuellement (2011) 37 251 ± 8 443 hectares de ce type de forêts. Ils ne représentent qu'environ la moitié des surfaces couvertes par cette essence en métropole, le reste est quasiment en totalité dans les Alpes. Mais il est impossible de faire des comparaisons entre ces éléments et des chiffres anciens. La seule source qui fournit des surfaces par essences est l'enquête dite Daubrée – du nom du directeur général des Eaux et Forêts de l'époque – menée en 1908. D'abord, l'essence n'est clairement individualisée que pour les Pyrénées-Orientales : la pineraie y forme une proportion estimée (de 10 à 100 %) des forêts de chaque canton administratif. Surtout, en 1908, des considérables reboisements (des milliers d'hectares) en Pin à crochets de ces régions ont déjà eu lieu et on est donc très largement au-delà de l'étiage qui a eu lieu environ 50 ans avant.

2.2.1 • Des paysages bouleversés

Pour juger de l'explosion annoncée dans notre titre, éliminons donc les sources statistiques et penchons-nous sur des documents bien plus parlants, des photographies. Pour les Pyrénées, il est très facile de trouver des couples de photos « 1900/2000 » sur lesquelles le retour du Pin à crochets – plus généralement de la forêt – se voit de façon spectaculaire (Métailié, 1999). Pour illustrer ce phénomène, nous avons choisi deux photos (figures 4 et 5) d'un versant qui borde le très célèbre trajet qui mène du village au cirque de Gavarnie (Hautes-Pyrénées) :

- La première avait été prise par l'inspecteur des Eaux et Forêts qui voulait illustrer l'aménagement de la forêt syndicale de la Vallée de Barèges (Bartoli, 2011). Cette forêt n'a pas fait l'objet de reboisements artificiels. Au début du XX^e siècle, il ne reste du Pin à crochets que sur les éboulis calcaires non pâturables. Il était néanmoins récolté pour le chauffage, on devine que les arbres sont de petite taille.
- En 2010, le Pin à crochets, gagnant encore largement sur les éboulis, a repris toute sa place écologique et même au-delà. Installé un peu partout comme pionnier, il est déjà concurrencé par le Hêtre et le Sapin sur les meilleures stations. On perçoit là une troisième raison qui fait que la comparaison entre un étiage et le niveau de crue pour cette essence n'est pas facile à illustrer : la forêt de pins est souvent un stade transitoire, spécialement à l'étage montagnard sauf – cas de la photo avec les éboulis qui se trouvent vers 1 500 m d'altitude – situation écologique très contraignante pour laquelle le pin est la dryade normale.

¹ IFN intégré au 1^{er} janvier 2012 à l'Institut de l'information géographique et forestière (IGN) aux côtés de l'Institut géographique national.



Figures 4 et 5 : 1910, 2010, le même paysage en allant au cirque de Gavarnie (Hautes-Pyrénées). Le pionnier qu'est le Pin à crochets a d'abord tout envahi partant des lambeaux forestiers des éboulis. Aujourd'hui, hors desdits éboulis, il cède la place au hêtre et au sapin. (Photo 1910 : H. de La Hamelinaye. 2010 : M. Bartoli)

2.2.2 • Les bizarreries génétiques du retour naturel

C'est par la vallée d'Estaubé que passe le grand botaniste Ramond, l'inventeur du Pin à crochets (voir ci-dessus 1^e partie), pour tenter de vaincre le Mont Perdu, montagne qui fit sa gloire de pyrénéiste. Le 25 thermidor an V (11 août 1797), il note que « *sur tous les ressauts des montagnes latérales, on voit le Pin rouge qui y défie la cagnée* ». Il voit ainsi les derniers pins sylvestres de cette immense zone jusqu'à il y a peu totalement déboisée à l'exception – en entrée de vallée – de quelques pins à crochets au sommet d'une falaise inaccessible au feu et aux hommes. Depuis une trentaine d'années, quelques individus en « redescendent » et s'installent sur des rochers loin d'un pâturage encore actif. Et, surprise, deux d'entre eux sont, phénotypiquement, des « pins sylvestres » (figure 6), essence devenue rarissime sur toute la haute vallée du gave de Pau (Bartoli, 1998).

Que se passe-t-il ? Les pins « à crochets » subsistant sont, en fait, des pins introgressés (voir ci-après 3^e partie) et, dans leur descendance, il y a donc une probabilité que des « gènes Pin sylvestre » s'apparient pour donner un arbre qui semble en avoir les caractères principaux, en particulier le tronc rouge vu par Ramond.



Figure 6 : En vallée d'Estaubé, c'est un arbre au tronc rouge qui revient naturellement vers 1 600 m d'altitude ! Les seuls pins à crochets subsistant au-dessus sont donc probablement introgressés. (Photo : M. Bartoli)



Figure 7 : Les produits d'une première intervention dans une pineraie de Pin à crochets sont transformés en plaquettes de bois-énergie. On peut voir la belle qualité de cette forêt facile à exploiter. Venue naturellement, elle occupe d'anciennes cultures comme le prouvent les nombreux murets qui s'y trouvent. (Photos : J.-M. Mivière)

2.3 • Le renouveau du chauffage au Pin à crochets

Les forêts de Pin à crochets sont restées des espaces à pâturer durant des siècles. Depuis moins de cent ans, après un retour autant artificiel que naturel, les voici éléments des paysages de stations de ski ou de sites prestigieux (Gavarnie, Arres d'Anie), refuges hivernaux largement étendus de populations de Grand Tétrás. Elles ne fournissent pratiquement plus de matériels forestiers de reproduction pour des opérations de reboisement, semblent presque abandonnées par la fonction de production de bois excepté dans les Pyrénées catalanes.

Le Pin à crochets a longtemps représenté la source principale d'approvisionnement en bois de chauffage des habitants de Cerdagne et du Capcir. Mais à partir du XX^e siècle, avec l'ouverture des voies d'accès, le développement du transport routier, mais aussi la multiplication de maisons secondaires dont les résidents n'ont pas l'habitude du chauffage au pin, l'utilisation comme combustible de ce bois local a été abandonnée au profit d'essences feuillues. À ce jour, les fournisseurs de bois-bûches de Cerdagne-Capcir vendent presque exclusivement du Hêtre et du Chêne provenant de l'Aude, du Tarn, de Haute-Garonne, de l'Aveyron, voire du Cantal. Le bilan carbone de ces importations lointaines est fort médiocre alors que, localement, la ressource en bois de Pin à crochets est très importante même si ses coûts d'exploitation sont parfois, mais pas toujours, assez élevés.

Comme bois énergie, le Pin à crochets bénéficie d'un bel atout : son « pouvoir calorifique inférieur » (PCI) est 5 % supérieur à celui du Chêne et celui du Hêtre² ! Parallèlement à cela, la plaquette de bois se révèle être une solution intéressante pour ouvrir de nouvelles utilisations aux produits des coupes d'amélioration des pineraies (figure 7). La technologie des chaudières automatiques au bois optimise la combustion : des températures de foyer maîtrisées garantissent une combustion complète, y compris celle des résines. Ainsi, leur rendement est bien supérieur à ceux des inserts et autres poêles à bûches, pouvant atteindre 90 %.

Fin 2011, plus d'une trentaine d'installations de chaufferies automatiques sont en fonctionnement en Cerdagne (dont la moitié en Catalogne espagnole), pour une consommation annuelle d'environ 20 000 MWh. Pour l'instant, déjà plus de la moitié de leur approvisionnement est constituée de pins à crochets des forêts locales. Ce nouveau débouché permet de trouver une valorisation commerciale supplémentaire à plus de 50 hectares de pineraies par an ainsi enfin à nouveau cultivées. Réaliser ces éclaircies permettra à terme de produire du bois d'œuvre de qualité (figures 8 et 9). En effet, la production de chaleur n'est pas la plus noble des valorisations qui soit : l'objectif prioritaire doit rester de produire du bois d'œuvre (voir en conclusion la présentation du guide de gestion par Stéphane Nouguier).



Figures 8 et 9 : Dans ces pineraies de reconquête – à gauche, même forêt que celle de la figure 7, celle de droite en est séparée par une simple route, mais n'a pas subi de sylviculture – le produit bois-énergie permet de façonner les peuplements en vue d'une production de bois d'œuvre. Ils sont d'intérêt écologique faible, équienne, mono-essence et de production fort honorable (5 à 6 m³/ha/an) (photo : J. M. Rivière).

² PCI d'une tonne de Pin à crochets anhydre : 5,25 MWh, mesuré sur un chantier d'exploitation forestière réalisé à Osséja, contre 5 MWh pour le Chêne et le Hêtre.

3 • APPROCHE ETHNOÉCOLOGIQUE DE LA TOPONYMIE DES PINS ET DES PINERAIES DANS LES PYRÉNÉES : DES ARBRES-REPÈRE AUX FORÊTS-RESSOURCE

Luís Villar*, Raphaële Garreta, Joan Vallès*****

*Instituto pirenaico de ecología (IPE-CSIC), Jaca (Huesca), Espagne lvillar@ipe.csic.es

**Conservatoire botanique national des Pyrénées
et de Midi-Pyrénées, Bagnères-de-Bigorre, France

***Laboratori de botànica, Facultat de farmàcia, Universitat de Barcelona, Barcelone, Catalogne, Espagne

Remerciements

Notre ami G. Largier, forestier, botaniste et bon connaisseur du parler gascon, a eu l'amabilité de lire le texte et de commenter quelques aspects intéressants.

Le Pr. J. Vigo, de l'université de Barcelone, et le Dr. Teresa Garnatje, de l'Institut Botanique de la même ville, ont fourni des données et résolu des doutes.

Enfin, notre ami R. Cantegrel a bien voulu adapter au français le texte rédigé à l'origine en espagnol.

Nous en sommes très reconnaissants.

La grande richesse naturelle et culturelle des Pyrénées s'illustre par sa flore vasculaire comptant plus de 3 500 espèces et par la diversité des idiomes parlés sur les deux versants de la chaîne (Allières, 1974) : aragonais, catalan, occitan avec ses parlers gascon et languedocien, et basque (figure 1), sans omettre les langues nationales, français et castillan, ainsi que les influences arabes notables du côté ibérique. Des basses altitudes jusqu'à l'étage subalpin, entre 400 et 2 300 mètres voire plus haut, une culture agro-sylvo-pastorale prégnante durant des siècles (Fillat, 2008 ; Montserrat, 2008) a profondément marqué les paysages pyrénéens, aussi bien sur le piémont et les vallées, que dans les rares dépressions, les nombreuses forêts et les pâturages des massifs montagneux.

Dans un récent article (Villar et al., 2010) nous avons relevé quelque 90 espèces d'arbres présentes sur l'ensemble des Pyrénées. Si l'on s'en tient au genre Pinus nous observons l'étagement des quatre essences autochtones majeures selon un gradient altitudinal croissant : P. halepensis, P. nigra ssp. salzmannii, P. sylvestris et P. uncinata. En outre on rencontre à proximité de la Méditerranée P. pinaster, le Pin maritime mésogéen, ainsi que P. pinea, le Pin pignon semble-t-il naturalisé. Au demeurant les boisements artificiels à base de Pin noir d'Autriche (P. nigra ssp. nigra) concernent surtout l'Aragon et la Navarre, tandis qu'au Pays Basque le Pin de Monterey (P. radiata) est partout visible.

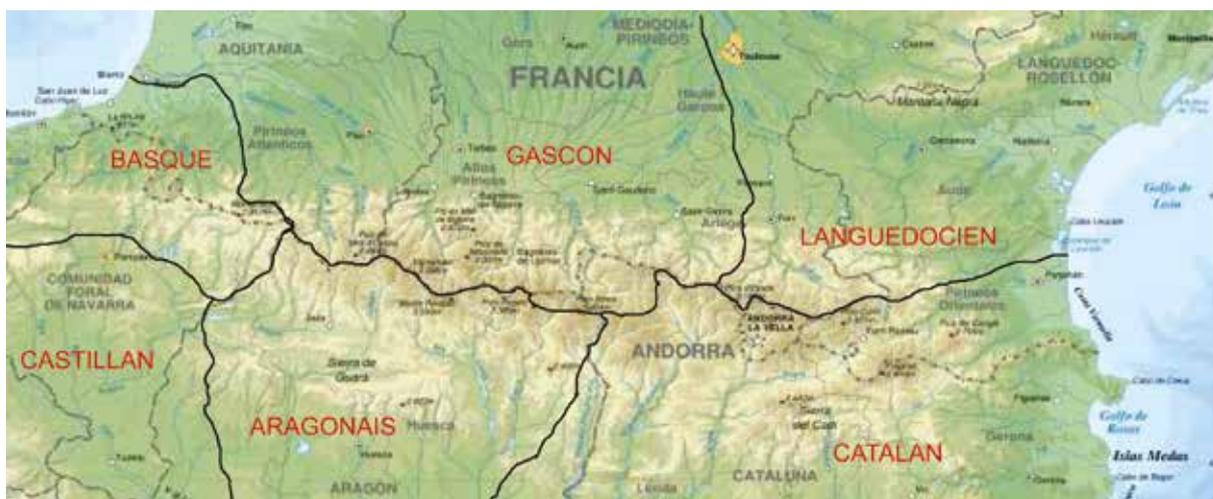


Figure 1 : Principaux parlers pyrénéens caractérisant la toponymie et les usages agro-sylvo-pastoraux de la montagne. Carto L. Cantegrel d'après J. Allières (1974) sur fond de carte CTP

Nom scientifique	Espagnol	Français	Aragonais	Catalan	Basque	Occitan (gascon surtout)	Usages ethnobotaniques
<i>Pinus uncinata</i> Ram. ex DC. Hybridation possible avec les 2 sous-espèces pyrénéennes de <i>P. sylvestris</i>	pino negro pino negro de montaña	Pin à crochets Pin de montagne Pin sauvage	pin pin negro pino masclo pino masto Tieda (pour éclairer)	pi pi mascle pi negre sapí pinyoc, pinyoca (la pigne ou pomme de pin)	leherra mendi pinua	ampora bòsc d'estalho halha, halheta pin de montanha pi de mountagne	Alimentation animale Industriel et artisanal Médicinal et vétérinaire Protection des sols Repeuplements sylvicoles
<i>Pinus sylvestris</i> L. Comprend la ssp. <i>catalaunica</i> et la ssp. <i>pyrenaica</i>	pino silvestre pino albar	Pin sylvestre Sylvestre Pin rouge	blancá blancal pin pino blancal pino fembra pino hembra pin royo pino royo	pi, pi blanc, pi blancal, pi cerrut, pi de Flandes, pi de gargalla, pi femella, pi mascle, pi melis, pi roig, pi rojal, pi rojalet, pi ros, rojalet, pirineus, pi urgellenc, pinassa	lerr lergorria pinu gorria pinoa pinua	ampora pin arrouy pin de montanha	Alimentation animale Industriel et artisanal Médicinal et vétérinaire Ornemental Protection des sols Repeuplements sylvicoles
<i>Pinus nigra</i> * Arnold ssp. <i>salzmannii</i> (Dunal) Franco	pino salgareño pino laricio pino negral	Pin de Salzmann	nasarro pina pino nasarre pino nazarrón pino casarro pino crabero pino larizio	gargalla pi pi gargalla pi mascle pinassa pi sarrut	larizio pinua ler txuri		Alimentation animale Industriel et artisanal Médicinal et vétérinaire Protection des sols Repeuplements sylvicoles
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	pino carrasco	Pin d'Alep	pin pinarro	pi blanc pi bord	pinu Aleppo pinua		Industriel Protection des sols
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	pino negral pino resinero pino rodeno	Pin maritime		pinastre pi marítim pi melis pi bord	Itsas pinua		Industriel Médicinal Probablement planté
<i>Pinus pinea</i> L.	pino piñonero	Pin pignon Pin parasol		pi pinyer Pinyó (pignon)	pinazi pinua		Alimentation humaine (pignons) Industriel Ornemental
<i>Pinus radiata</i> D. Don	pino insigne pino de Monterrey	Pin de Monterey		pi pi insigne pi de Monterrey pi de Califòrnia	intsinis pinua		Industriel Repeuplement sylvicole (Pays Basque et Navarre) Ornemental
<i>Pinus</i> (noms génériques)	pino	Pin	Pi Pin Pinarra (ramaux de pin) Pinocha** (cône) Camer (cône) Coscorras (vieux cônes) Molsa (feuillage de pin autrefois récolté) Piñó (pignon)	pi	lerr leherra pinu pinua	pi pin	Variés
Nom générique d'un arbre indéterminé, à l'occasion d'un pin	árbol	arbre	árbol Toza (la souche)	arbre (avec ses variantes phonétiques « abre », « aire », « aure »)	arbola	arbe	
Nom générique d'une formation arborée composée d'une ou plusieurs espèces de Pin ou mélangée de pins et d'arbres divers	arboleda bosque selva	bosquet bois forêt pinède pineraie	arboleda arbolera bosque selva	arbreda bosc bosquet bosquina	baso	bosc saoubéto séoubeta séouba séoubéras seuva Saut horc bòscs seuva	Industriels Artisanaux Agricoles et pastoraux Récréatifs etc.

* Les noms locaux donnés au Pin de Salzmann désignent de la même façon outre-Pyrénées *P. nigra ssp. nigra* (Pin noir d'Autriche), planté en Aragon, Navarre, et ailleurs.

** *Pinocha* signifie aussi « épi de maïs »

Tableau 1 - Noms et usages ethnobotaniques des Pins des Pyrénées

3.1 • La place des pins dans l'économie locale selon les archives pyrénéennes

3.1.1 • Des conifères familiers aux populations de montagnards

Les pins, comme la plupart des arbres, sont bien connus des montagnards qui en tirent profit dans de nombreux domaines, industriel ou artisanal, médicinal et vétérinaire certes, mais aussi dans les usages populaires tels l'alimentation animale et humaine, le folklore, l'ornementation, etc. La prééminence des savoirs populaires sur les connaissances scientifiques s'illustre bien par la référence à la localisation des plantes dans la nomenclature botanique à partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle. C'est ainsi que Badia-Margarit (1951) établit une étroite relation entre botanique et toponymie¹.

En outre, l'*Atlas linguistique et ethnographique de l'Aragon, de la Navarre et de la Rioja* (Alvar *et al.*, 1980) consacre un volume aux plantes avec deux grandes planches dédiées aux pins et aux pineraies, comme le fait l'*Atlas lingüístic del domini català* (Veny & Pons, 2010), avec un tome voué au monde végétal, dont six planches illustrant les pins (morphologie, formations végétales, produits).

D'où l'urgence de recueillir auprès des populations des Pyrénées les noms vernaculaires des pins et des lieux où ils vivent, qu'il s'agisse des appellations d'une espèce particulière (phytotoponymes) ou d'un groupement végétal (synphytotoponymes).

3.1.2 • Un fonds documentaire plus riche en références toponymiques qu'ethnobotaniques

Depuis 25 ans aux Pyrénées, nos propres ouvrages permettent d'interpréter plusieurs milliers de noms populaires de plantes et de leur lieu de vie en différentes langues. Avec les études linguistiques et les dictionnaires élaborés depuis la fin du XIX^e siècle (cf. bibliographie), il devient possible de compiler une liste des divers noms donnés aux arbres qui nous intéressent.

Parallèlement, une liste des toponymes les plus communs est établie à partir d'abondants travaux parus depuis le milieu du XX^e siècle, également cités en bibliographie, en respectant l'orthographe des diverses sources, malheureusement non normalisée.

Enfin, spécialement pour les Pyrénées aragonaises où abondent les pins, nous utilisons comme source additionnelle la base de données de la direction générale du cadastre (province de Huesca) qui héberge plus de 9 000 toponymes inspirés du règne végétal, dont 2 % apparentés aux pins ou aux sapins.

Nous notons enfin pour tous les ligneux étudiés les usages traditionnels exercés par les habitants locaux.

3.2 • Des pins et des pineraies omniprésents

3.2.1 • Des pins traités de tous les noms...

Outre le nom scientifique, le tableau 1 recueille *une centaine de noms vernaculaires appliqués aux différentes espèces de Pin* selon les domaines linguistiques des Pyrénées. Pour les langues romanes, la plupart des appellations se fondent sur le nom générique latin (*Pinus*). Ainsi, à côté du français Pin et de l'espagnol *Pino*, on trouve d'ouest en est : *pin* en aragonais, *pin* ou *pi* en langue occitane ou catalane. En basque, on le désigne par *pinua* ou *leher*. Le nom générique est observé dans tous les dialectes pyrénéens et sa signification polysémique englobe une ou plusieurs espèces de Pin présentes sur le territoire d'origine. L'usage local y adjoint cependant un adjectif caractérisant sa forme, son lieu de vie, ou son utilité pour l'homme et ses troupeaux.

Parfois on fait allusion à la pérennisation de la pineraie : ainsi *Pinar Pumpullosa*, c'est-à-dire à régénération installée, *pimpollo* désignant un pin ou un arbre jeune. Ailleurs on donne le nom d'une partie de l'arbre au sujet entier (*Los Trongales*, *Trongalière*), ou bien on réduit parfois le nom au produit que l'on en tire (*Peguera*, la résine) ou à l'espace forestier (*bosc*, *selva*, *seuba*, si familiers dans la toponymie pyrénéenne).

¹ C'est ainsi que le *Corpus de toponymie catalane* de Badia-Margarit & Marsá (1952) considère la végétation comme l'un des 5 facteurs essentiels à l'origine des noms de lieux.

3.2.2 • Des pins qui jalonnent les montagnes pyrénéennes

Le tableau 2 rassemble un grand nombre des 300 toponymes associés aux pins dans l'ensemble des Pyrénées. Bien qu'il existe quelques toponymes majeurs (noms de village, hagiotoponymes²...), la plupart se réfèrent à des noms de lieux ou quartiers (*pagos* en espagnol, *indrets* ou *paratges* en catalan). Spécialement en Aragon, au moins 150 de ces microtoponymes demeurent liés aux pins ou aux pinèdes et se retrouvent de façon constante dans beaucoup de vallées d'une même aire linguistique. Quelques exemples de macro- et microtoponymes catalans et aragonais figurent au tableau 3.

Nomenclature botanique	Castillan	Occitan ¹ (gascon surtout)	Aragonais	Catalan	Basque
<i>Pinus uncinata</i> Ram. ex DC.	Pinar, Pinar negro,	Col de Pimorent, Estayou, Tèdo (bois de pins où on récolte les torches), La Piade, Mailh deth Pi, Piarre, Pinata, Pinède, Pinèda, Pinet	Lanaropino, Penareto (1 670 m), Pimpinos (2 076 m), Piná negro, Pinada, Pinar, Pinaralto, Pinardel, Pinar negro, Pinar de la Simierre, Pinarra, Pinarrué, Pineda, Pineta, Piniecho, Pino Bajo, Pinosa	El Pimorent, La Pineda rosta, Los Pins Alts, Pales de Quatrepins	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Pinar albar	Pinède, Piqua det Pin arroui, Soum deth Pi tort, Cuyeu dets pis, Pinas, La Pinède, le col du Pineth, Mailh det pi, Roc des Pins, Py, Pic de Pinet, mines de la Pinouse	Estepinosa, Fuentepino, Faja Pinal, Hoya Pinar, Llert, Paco Selva o El Pinar, El Palancar, Paco Palanga, Puy Palanga, Palangosa, Palanqueta, Prau la Palentosa, El Pinà de Sierralbà, La Piná, Pinar, Pinar de Agraz, Pinar del Triamolar, Pinar Pumpullosa, Pinar de la Artica, Pinar del Cerro, Pinar Selva, Pinar de la Suerte, Plano Pinar, Pinaré, Pinares, Pinaret, O pinarete, Pinareta, Es Pinarez, Pinarillo, Pinarillos, Espinaró, Pinarón, Pinarón Fonfreda, Pinasset, Pinatar, Pinatella, Piné, Pineda, Pineta, Pinallos, Piniello, Piniés, Pino, Pino albar, Pino Cairé, Puiipino, Pinos, Los Pinos, Pinós, Pinos de San Pedro, Pinosa, Faja Pinosa, Los Pins, Camino Pins, Sarllé, Selva Orús, Trongacher, Los Trongales, Trongueta, Tronguellos, La Tronquera, Valdopinez	Bosc de la Pinetella, Bosc de la Pinya, Bosc de Puigpinós, El Pinetar, La Pinosa, Pi, Pieda, Pi i Mentet, Pinatella, Pins de la Creueta, Tossal dels Pins	Lertzta
<i>Pinus nigra</i> ² Arnold ssp. <i>salzmannii</i> (Dunal) Franco	Pinar		Nasarre ³	Les Pinasses, Pineda, La Font del Pi, Pinell de Solsonès	
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Pinar, Pinada		Pinar, Pinaret	Sant Miquel de Pineda?, Sant Valentí de la Pinya?	
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Pinar				
<i>Pinus pinea</i> L.	Pineda			Pineda	
Nom générique ou imprécis : bosquet, bois, forêt ; pinède ou pineraie sans précision d'espèce	Pinar	La Séoube, Eth Séoubot, Jéoubo, Lou Braca, Nabaséouba, Col dé tramasébas, Hourc, Bouscarre, Bouscasse, Seuve, Lasseube, Pegoumas, Pègue, Péguère, Peguerin, Péguèro, Pegullier, Piarra (de sitio seco y rocoso), Piet, Piets, Pigné, Trongalière, Trouncassays, Era Coumo det Tédè, Pale det Pin, Py, Pic de Pinet, la Pinède, Roc de la Pinouse, Eth arbre de meydia (« L'arbre de midi »), L'Arbre Sec	Arbolito, A Selva, Barranco Pinareta, Bosque, Campo Pino, Canaliza de la Pinosa, El Paso el Pino, El Selvatón, Escobedo, Escobet, Espalanques, Faja Pinal, Fuente o Palangato, Matas, Matiero, Palanca, Palangas, Palangosa, Pega, Peguera, Pegueras, Pinada, Pinar, Pinás, Pinateta, Selbón del Estacho, Selva, Selvapaga, Selvapiana, Selvazano, Silviacha, Pinà, Pinada, Pinar, Pinar de abajo, Pinar de arriba, Pinarosa, Pinarra, Pineda, Pineta, Piniás, Pinos Bastos, Prau de la Palanca, Puyo Pinar, Selva, Selva Negra, Selva Plana, Selva de Pineta, Trongachar: Mas de Piniés, Piniés, Virgen del Pino (Huesca)	Coma del Pi, Font del Pi, La Pineda, La Pineda Vella, La Penyera, Les Pinoses, La Sèlva, Pi (Conflent, Bellver de Cerdanya), Peguera, Pi i Mentet, Pic de Fonguero, Pieda, Pinar Gran, Pinar gros, Torrent del Pi, Pinós, Mare de Déu de Pinós, Sant Pau de Pinós, Serra de les Pinyes, Son del Pi, Sant Miquel de Pineda, Sant Julià de la Pineda	baso. Basaburua, Lerbeltz, Lerdoiburua, Lerga, Léruz

¹ Y compris quelques toponymes français.

² À noter que *P. nigra* subsp. *nigra* (= *P. nigra* var. *austriaca* (Höss) Badoux, Pin noir d'Autriche) utilisé en repeuplement artificiel, surtout en Aragon et Navarre, est localement appelé comme le *Salzmann*.

³ Village abandonné de la Sierra de Guara, et aussi anthroponyme.

Tableau 2 : Toponymes pyrénéens du genre *Pinus*

² Les hagiotoponymes sont des noms de lieux consacrés aux saints.

Région	Toponymes majeurs		Toponymes mineurs
	Noms de villages	Hagiotoponymes	
Catalogne	<i>Pi</i> (Conflent et Cerdagne) Pinell de Solsonès Pinós Son del Pi	La Mare de Déu de Pinós Sant Miquel de Pineda Sant Julià de Pineda	Font del Pi Torrent del Pi Pi i Mentet
Aragon		<i>Nuestra Señora de Pineta</i> (Bielsa) <i>La Virgen del Pino</i> (Barbastro) <i>Pinos de San Pedro</i>	Fuentepino Pinarón Fonfredo Camino Pins

Tableau 3 : Exemples de toponymes majeurs et mineurs liés au Pin en Catalogne et Aragon

Dans l'ensemble on trouve nombre de toponymes primaires se référant à un seul individu (*El Pino*, *Tossal del Pi*, *Soum deth Pi*, *Pino Bajo*, *El Pi Alt*, *Campo Pino*, *Pale det Pin*, *Paso el Pino*, *Puy Palanca*,...) et clairement ils servent alors de repères topographiques.

Cependant les collectifs, ou toponymes secondaires au sens de Scarpa & Arenas (2004), se révèlent beaucoup plus fréquents dans nos montagnes et s'énoncent au pluriel : *Los Pinos*, *Eth Pins*, *Pinos Bastos*, *Pins de la Creueta*, *Roc des Pins*... Ou alors ils procèdent des suffixes latins *-aria* ou *-etum* : *Pinà*, *Pinal*, *Pinar* pour le premier, *Pineda*, *Pinède*, *Pineta* pour le second. Ainsi la désignation collective la plus courante, *Pinar*, se décline en une foule de variantes comme *Es Pinarez* (pluriel aragonais, équivalent à *Los Pinares*), *Pinardel*, *Pinareta*, *Pinarillo*, *Pinarón*... et se trouve fréquemment explicitée par une indication topographique : *Fajas del Pinar*, *Pinar alto*, *Cerro del Pinar*. Par ailleurs *Pineta* présente également diverses formes comme *Pinata*, *La Piade*, *Pinet*, etc.

À noter que *Pinardel*, *Pinareta* et *Pinarillo* sont trois diminutifs de *Pinar*, de même que *Pinarón* en Aragon, malgré son apparence d'augmentatif (Pardo, 1938).

Aux Pyrénées centrales les toponymes *Pinarra* (Espagne) et *Piarre* (France) indiqueraient le bois où l'on cueillait de fines branches feuillées de pin, ou bien une pineraie cantonnée aux sites rocheux.

Nos pins forment généralement des peuplements unispécifiques, et localement sont bien distingués *Pinus uncinata* (*pino masto*, *pin de montanha*) et *Pinus sylvestris* (*pi roig*, *pino royo*, *pino hembra*). Cette distinction se reflète d'évidence dans la toponymie avec d'un côté *Pinar Negro*, *Pimorent*, face à *Pin Arroui* ou *Pinarrué*. Mais nos deux espèces majeures se mélangent parfois en formations mixtes et la toponymie est alors d'interprétation plus délicate. En particulier avec des appellations courantes comme *Pinosa*, *Pinouse*, *Palangosa*, qui semblent tantôt faire allusion à l'une de ces deux espèces, tantôt aux deux à la fois. Le toponyme *Palangosa* suggère un peuplement bien conformé, aux beaux troncs et aux fûts droits (*palanga* en aragonais).

Le toponyme catalan *Pi*, le plus directement dérivé du nom des conifères en question, se rencontre seulement à deux reprises : au *llogaret* (petit village) de Pi (Bellver de Cerdagne), justement proche d'un toponyme mineur, le *torrent de Pi*, et à Pi, village du Conflent. Il demeure probablement le plus ancien toponyme³ issu du Pin, procurant son nom à une commune. L'ancienneté de ce nom se fonde au moins sur la locution *Pi de Cerdanya* qui figure dans un document de 1035 (« *in villa Pini* »). En outre peut exister l'accolement d'un autre nom d'origine végétale, comme dans le cas de la réserve naturelle de *Pi i Mentet*, suggérant l'association du Pin et de la Menthe.

On cite également le toponyme *Pieda*, un lieu du Vall d'Àneu, résultant de la chute vascoïde⁴ du « n » intervocalique.

Les écarts étymologiques mis ici en évidence nous invitent à la prudence dans l'interprétation des toponymes dont l'apparence est parfois trompeuse. Au surplus, des dénominations très similaires peuvent provenir d'origines diverses et induire des confusions, comme le nom de la commune catalane de La Pinya. En effet, celui-ci ne procède pas de son homonyme, qui signifie cône, fructification de Pin, mais de *penyal*, roche ou rocher. Tandis que La Penyera, aux confins de Banyuls de la Marenda (Roussillon), dérive de *pinya* et désigne effectivement une pinède (Coromines *et al.*, 1987-1997).

³ Certains auteurs émettent l'hypothèse d'une origine préromaine de ce nom, écartée par Coromines *et al.* (1989-1997).

⁴ Rappelons que les Vascons formaient l'antique peuple occupant le nord de la péninsule ibérique entre les Pyrénées et l'Èbre. Déplacé par les Romains puis les Wisigoths, il vint s'établir au nord des Pyrénées et donna à l'ancienne Novempopulanie le nom de Vasconie, d'où Gascogne (fin du VI^e siècle).

3.2.3 • Des pins marqués par les usages ancestraux

Les pins et les pinèdes ne sont jamais détachés de leur contexte historique, pastoral et paysager. Ainsi de nombreux noms vernaculaires et toponymes⁵ concernent-ils bien des arbres accompagnant les pins (Sapin, Sorbier, etc.) ou des stades évolutifs des pineraies, comme les landes de Genévrier. Un petit arbre, le Sorbier des oiseleurs, *serbal de cazadores* en espagnol, *besurt* ou *moixera de guilla* en catalan, piquette certaines landes, lisières ou clairières des pineraies. Bien repéré localement, il induit ici ou là des toponymes évocateurs : à Benasque *La Besurta* et *Les Selbères*, aux sources de l'Aragon *Bisaurin*, en Gascogne *montanha de Bèzur*; *Bisourtè*, *la Bisourthouse* (Ariège), etc.

Mise à part la production forestière de toutes les espèces de Pin citées, en soulignant l'importance pour la filière bois du Pin sylvestre en Aragon et du Pin à crochets en Catalogne, on s'attache ici à élucider les usages traditionnels liés à la résine et aux pratiques sylvopastorales. Aux deux versants des Pyrénées, les peuplements réputés pour leur production de résine ou de poix (*pega*, *pègue* ou *Era Pégo*) sont baptisés *Peguera* (aragonais, catalan), *Peguères*, *Pegueroles*, *Péguère* ou *Péguèro*. Ils sont essentiellement composés de *Pinus uncinata* ou de *P. sylvestris*, ou encore de leurs hybrides et peuplements mixtes. Cette récolte de poix, au demeurant très modeste, ne doit toutefois pas occulter les pratiques locales presque tombées dans l'oubli pour la préparation de copeaux ou lamelles de bois résineux destinés à la confection de torches : *tea* (en castillan), *teda*, *tieda* (en aragonais), *teia* (en catalan), *tède* ou *tiède* (en gascon). Ces torches assuraient en effet l'éclairage des cabanes de bergers et des maisons jusqu'à l'utilisation des bougies à la fin du XIX^e siècle et durant la première moitié du XX^e. Pour cet usage, le bois de Pin à crochets était préféré (photo 1), et le produit se récoltait en automne, sa commercialisation concernant les deux versants des Pyrénées (Espinassous *et al.*, 1984), comme celle de la poix. La toponymie bigourdane en garde mémoire : *Eth clos det Tédè*, *Era Coumo det Tédè* (Bérot, 2002).



Photo 1 – La récolte de tèdes par les bergers à la base des troncs de Pin à crochets marque profondément les pineraies d'altitude dans les Pyrénées. Massif catalan des Encantats – Diapo R. Cantegel 1979

Certains noms de lieux comme *Pinar de la Artica* ou *Suerte Pinar*, nous rappellent la place des pineraies au sein d'une agriculture pyrénéenne ancestrale, itinérante. Ainsi la plupart des bois de Pin des vastes Prépyrénées aragonaises se situent en ombree, par opposition aux chênaies intensément exploitées en soulane. Les "Selva" (*Selva Orús* par exemple) ou "Bosque" constituent alors une réserve stratégique de sol, de fertilité ou d'énergie, mise à profit aux époques de pénurie, en cas de surpopulation par exemple (Lasanta, 1988). De même, beaucoup de *Betosa*, *Abetal*, *Sapinièro...*, s'ils témoignent bien de l'abondance originelle du Sapin (*Abies alba*), comportent en général quelques pins en mélange (*P. sylvestris*, *P. uncinata*) qui jouent le rôle de semenciers lors des exploitations et orientent le peuplement vers la mixité.

Il existe aussi de rares noms de lieux cachés à rattacher au Pin, par exemple le *Braca* du massif karstique d'Anie, aux confins de la vallée d'Aspe et du Barétous, où le Hêtre et le Sapin côtoient le Pin à crochets. Autres toponymes suggestifs, celui du *Pic de Fonguero* (Espot, Pallars) indicateur d'un site à bonne pousse de champignons à proximité de pins, et ceux de *Socarrada* ou *Cremada* où sans doute brûlèrent les pinèdes, naturellement (foudre) ou artificiellement (feux pastoraux).

⁵ En effet, ces toponymes sont associés aux forêts de pins non seulement sous l'angle géobotanique (Villar & Soriano, 1999), mais aussi ethnobotanique, car liés aux pâturages (*tascas*, *tascales* ou *estives*), ils aboutissent à la formation de complexes paysagers appelés unités ethnoécologiques (Verde *et al.*, 2009).

3.3 • Les pins sauvages, marqueurs ethnoécologiques d'une montagne profondément humanisée

Sur une bonne part de la chaîne des Pyrénées les toponymes associés aux pins et aux pineraies sont communs. La plupart du temps reconnus par les habitants de la montagne, ces conifères font l'objet d'utilisations très variées et donnent des dizaines de noms dans les cinq idiomes pyrénéens. Il n'est pas rare que prédominent les noms d'origine romane, les langues romanes étant ici majoritaires. Le Pays Basque constitue une exception, mais les forêts de Pin y restent marginales à l'état naturel.

La présence d'une seule espèce de Pin dans un territoire conduit habituellement à conserver un seul nom générique : *leherra, pi, pin, pino*. En revanche plusieurs congénères en un lieu donné obligent à adjoindre un adjectif afin de les distinguer : *pino negro, pino royo, pi blanc, pi femella, pin arrouy*, etc. En revanche, pour ce qui concerne les noms de lieu, le degré de précision au niveau espèce demeure hasardeux. En réalité beaucoup de formations boisées à base de Pin sont nommées sans précision spécifique, telles que pinède ou simplement bois, forêt. D'autres toponymes précisent par leur terminaison certaines caractéristiques du bois (étendue, richesse,...) ou de ses conditions environnantes. Sans oublier les toponymes qui témoignent d'anciennes pratiques abandonnées comme la récolte des rameaux tendres (*pinarra*) ou des lanières de bois résineux pour la confection de torches (*tea, teia, tieda, tède*).

Pour les montagnards, les toponymes issus du genre *Pinus* servent d'indication écogéographique (*Puerto del Pino, Pinaralto, Pino Bajo, Mailh deth Pi, Couma des Pis, Pla del Pi...*) ou bien traduisent l'existence d'une ressource naturelle exploitée pour le bois de feu ou le bois d'œuvre (*selva, pinar, séuba, pineda, palangosa...*). Les autres ressources ne sont pas omises, qu'il s'agisse d'usages à des fins artisanales (*Tédé*), pastorales (*Piarre*), agricoles (*Suertes del Pinar, Artigo dous Pis*), médicinales (*Rasos de Peguera*), ou alimentaires (*Pic de Fonguero*).

Le feu, qui signe partout son empreinte sur les versants pyrénéens, peut conduire la dynamique végétale vers des groupements dérivés des anciennes pineraies, formations parfois stables au pas de temps séculaire, jalonnées de toponymes évoquant les ligneux dominants : landes de Rhododendron (*Barrabonal* en Sobrarbe), de Genévrier (*Chiniprar* en aragonais, *Génébra* en gascon, *Ginebrosa* en catalan), de Genêt à balai ou purgatif (*Escobet* au Pallars), etc.

En conclusion, l'étude des noms de lieux associés aux pins et aux pineraies illustre l'extraordinaire intégration de l'homme pyrénéen à son environnement montagnard. Elle met également en lumière les changements des pratiques traditionnelles qui se succèdent au fil du temps dans le paysage agro-sylvo-pastoral des Pyrénées, cordillère humanisée de longue date.



Photo 2 – Port du Pin à crochets en haute vallée d'Ansò, au revers méridional du massif karstique d'Anie
Photo M. Ortega

BIBLIOGRAPHIE 2^e PARTIE

- Allières J. 1974 – Langues et parlers. *In les Pyrénées de la montagne à l'homme*, ouvrage collectif sous la direction de F. Taillefer, Privat Ed., Toulouse : 423-458.
- Améztegui A., Brotons L., Coll L. 2010 – Land-use changes as major drivers of mountain pine (*Pinus uncinata* Ram.) expansion in the Pyrenees. *Global Ecology and Biogeography*, 19 : 632-641.
- Amman B. & Wick L. 1993 – Analysis of fossil stomata of conifers as indicators of the alpine treeline fluctuations during the Holocene. *Paläoklimaforschung* 9 : 175-185.
- Aubert S. 2001 – *Limite supérieure de la forêt, climat et anthropisation : dynamique Tardiglaciaire et Holocène de la végétation dans la vallée du Marcadau* (Hautes-Pyrénées, France). Thèse de Doctorat, Univ. de Toulouse 3, 354p.
- Aubert S., Belet J.M., Bouchette A., Otto T., Dedoubat J.J., Fontugne M., Jalut G. 2004 – Dynamique Tardiglaciaire et holocène de la végétation à l'étage montagnard dans les Pyrénées centrales. *Comptes Rendus Biologies* 327, 381–388.
- Aytug B. 1962 – Diagnose des pollens de *Pinus silvestris* et *Pinus uncinata* des Pyrénées. *Pollen et spores*, IV (2) : 283-296.
- Bartoli M. 1998 – Le pin sylvestre en Vallée de Barèges. *Pyrénées*, 195 : 193-199.
- Bartoli M. 2011 – Des documents méconnus : les albums photographiques forestiers (1900-1910). *Bulletin de la Société académique des Hautes-Pyrénées 2008-2009* : 53-61.
- Bartoli M. & Demesure-Müsch B. 2003 – Plus d'un siècle d'intervention humaine dans les flux de gènes du pin à crochets et du sapin. *Revue Forestière Française*, LV (6) : 543-556.
- Bartoli M., Bodin J., Fady B. 2011 – Nouvelles données sur la taxonomie des pins de la tourbière du Pinet (Aude). *Actes del IX colloqui internacional de botànica pirenaico-cantabrica*, CENMA : 55-60.
- Belet J.M. 2001 – *Variations Tardiglaciaire et Holocène de la limite supérieure de la forêt dans les Pyrénées centrales : l'exemple du vallon d'Estibère* (Hautes-Pyrénées, France). Thèse de Doctorat, Univ. de Toulouse 3, 245p.
- Birks H.H. 2002 – Plant macrofossils. *In Tracking Environmental change using lake sediments*, vol 3 : 49-75.
- Bonhôte J. & Vernet J.-L. 1988 – La mémoire des charbonnières. Essai de reconstitution des milieux forestiers dans une vallée marquée par la métallurgie. *Revue Forestière Française* : 197-212.
- Bonhôte J., Davasse B., Dubois C., Izard V., Métaillé J.-P. 2002 – Charcoal kilns and environmental history in the eastern Pyrenees (France). A methodological approach. *In Thiebault S. (dir) Charcoal Analysis. Methodological approaches, Palaeoecological results and wood uses*. B.A.R International séries 1063 : 219-228.
- Bonhôte J. & Métaillé J.-P. 1993 – La limite supérieure de la forêt dans une vallée métallurgique (vallée d'Aston, Ariège, France). *Actes du Colloque « Proto-industries et histoire des forêts »*. *Cahiers de l'Isard*, 3 : 271-285.
- Camarero J.J. & Gutierrez E. 2007 – Response of *Pinus uncinata* recruitment to climate warming and changes in grazing pressure in an isolated population of the Iberian system (NE Spain), *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 39, 2 : 210–217.
- Chevalier M. 1956 – *La vie humaine dans les Pyrénées ariégeoises*. Paris, Génin, 1061 p.
- Davasse B. 2000 – *Forêts, charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'est, du Moyen Âge à nos jours. Une approche géographique de l'histoire de l'environnement*. Toulouse, GEODE, 287 p.
- Dubois C. & Métaillé J.-P. 2001 – Anthropisation et dynamique forestière dans les vallées ariégeoises à l'époque gallo-romaine. L'exemple de la forêt de Lercoul. *Les ressources naturelles des Pyrénées. Leur exploitation durant l'Antiquité*. Entretiens d'Archéologie et d'Histoire : 7-19.
- Dupias G. 1985 – *Végétation des Pyrénées. Notice détaillée de la partie pyrénéenne des feuilles* 69, 70, 71, 72, 76, 77, 78. Editions du CNRS. Paris.
- Espinassous L. et al. 1984 – Approche ethnographique du Pin à crochets dans les Pyrénées occidentales. *In Montagnes d'Europe et d'Himalaya occidentale, Biocénoses d'altitude 2*, Dendaletche Ed., *Acta biol. mont.* (IV) : 437-444.
- Espinassous L. 1999 – Bergers et pins à crochets, approche ethnographique dans les Pyrénées de l'Ouest. *Les feuilles du Pin à crochets*, Ed. du Pin à crochets, Pau, (I) : 64-71.
- Euba Rementiera I. & Palet Martinez J. M. 2010 – L'exploitation des ressources végétales dans les Pyrénées orientales durant l'Holocène : analyse anthracologique des structures d'élevage, de four et de charbonnières dans l'Alt Urgell (Chaîne du Cadi) et la vallée du Madriu (Andorre). *Quaternaire*, 21 : 305-316.
- Galop D. & Jalut G. 1994 – Differential human impact and vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3000 BP to the present, *Vegetation History and Archeobotany*, 3 : 225-244.
- Galop D. 1998 – *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*. GEODE, Laboratoire d'Écologie Terrestre et FRAMESPA, Toulouse, 303 p.
- Galop D. 2006 – La conquête de la montagne Pyrénéenne au Néolithique. Chronologie, rythmes et transformations des paysages à partir des données polliniques. *In J. Guilaine (dir.) Populations néolithiques et environnement*, Éditions Errance, 279-295.

- Galop D., Houet T., Mazier F., Leroux G., Rius D. 2011 – Grazing activities and biodiversity in the Pyrenees : new insight on high altitude ecosystems in the framework of a Human-Environment Observatory. *PAGESNews*, 19 (2) : 53-55.
- Galop D., Rius D., Cugny C., Mazier F. 2013 – Long-term Human-environment interactions history in the French Pyrenean Mountains inferred from pollen data. In L. Lozny (Ed.) *Adaptation to Mountain. Archaeology, Anthropology, and Ecology of Mountainous Lifestyle*. Springer.
- Garcia Alvarez S., Morla Juaristi C., Solana Gutierrez J., Garcia-Amorena I. 2009 – Taxonomic differences between *Pinus sylvestris* and *P. uncinata* revealed in the stomata and cuticle characters for use in the study of fossil material. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 155 : 61-68.
- Gaussen H. 1925 – Le pin à crochets dans les Pyrénées. Deuxième article. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*. LIII : 150-169.
- Gaussen H. 1954 – *La géographie des plantes*. A. Colin, Paris, 223 p.
- Heinz C. & Barbaza M. 1998 – Environmental changes during the Late Glacial and Post-Glacial in the central Pyrenees (France) : new charcoal analysis and archaeological data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 104 : 1-17.
- Heinz C. 2002 – Evidence from charcoal analysis for paleoenvironmental change during the Late Glacial and Post-Glacial in the Central Pyrenees. In Thiebault S. (dir) *Charcoal Analysis. Methodological approaches, Palaeoecological results and wood uses*. B.A.R International series 1063 : 95-101.
- Heuertz M., Teufel J., González-Martinez S.-C., Soto A., Fady B., Alfa R., Vendramin G. 2009 □ Geography determines genetic relationships between species of mountain pine (*Pinus mugo* complex) in western Europe. *J. Biogeogr.* : 1-10.
- Houet T., Ribière O., Vacquié L., Vidal F., Galop D. 2012 – Caractérisation de la fermeture des paysages dans les Pyrénées depuis les années 1940 - Application sur le Haut-Vicdessos. *Sud-Ouest Européen*, 33.
- Huntley B. & Birks H.J.B. 1983 – *An atlas of past and present pollen maps of Europe: 0–13 000 years ago*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jalut G. 1974 – *Évolution de la végétation et variations climatiques durant les quinze derniers millénaires dans l'extrémité orientale des Pyrénées*. Thèse Univ. Toulouse III, 181 p.
- Jalut G., Aubert S., Galop D., Fontugne M., Belet J.-M. 1996 – Holocene tree line oscillations in the Pyrénées. *Palaeoclimatic research/ Paläoklimaforschung* 20 : 189-201.
- Jalut G. & Turu I Michels V. 2008 – Le dernier cycle glaciaire-interglaciaire dans les Pyrénées : englacement, climat, végétation. In Canerot J. et al. (Ed.) *Pyrénées d'hier et aujourd'hui*. Atlantica : 145-161.
- Laurenson J. 1989 – *Exploration de la diversité biochimique chez les conifères : contribution à l'étude de l'hybridation Pinus uncinata Ram. x Pinus sylvestris L., et à la connaissance du complexe spécifique Pinus nigra Arn.* – Thèse, Université de Lyon I, 270 p.
- Métaillé J.-P. 1999 – Le conquérant des estives. *Les feuilles du Pin à crochets*, Ed. du Pin à crochets, Pau, (1) : 26-37.
- Monna F., Galop D., Carozza L., Tual M., Beyrie A., Marambert F., Chateau C., Dominik J., Grousset F.E. 2004 – Environmental impact of early basque mining and smelting recorded in a high ash minerogenic deposit. *Science of the Total Environment*, 327 : 197-214.
- Monserrat-Martí J. 1991 – *Evolucion glacial y postglacial del clima y de la vegetacion en la vertiente sur del pirineo : studio palinologico*. Thesis doctoral, Barcelona : 115p.
- Reille M. & Andrieu V. 1993 – Variations de la limite supérieure des forêts dans les Pyrénées (France) pendant le tardiglaciaire. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 316 : 547-551.
- Rey F. 1966 – Procès-verbal des forêts royales appelées le Pastoural, la Mouillère, le bois Dengerma, le bois de Salbesy et de Lafage au consulat de Roquefeuil. *Manuscrit, archives départementales de la Haute-Garonne*, 8 B 144.
- Reille M. 1991 – L'origine de la station de pin à crochets de la tourbière de Pinet (Aude) et de quelques stations isolées de cet arbre dans les Vosges et le Jura. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 138, Lettres bot. (2) : 123-148.
- Rosenstein J.-M. 1993 – *La Llagone, La Cabanasse, histoire de deux sécheries de graines forestières dans les Pyrénées-Orientales*. ONF Perpignan, 80 p.
- Roura-Pascual N., Pons P., Etienne M., Lambert B. 2005 – Transformation of a Rural Landscape in the Eastern Pyrenees Between 1953 and 2000, *Mountain Research and Development*, 25, 3 : 252–261.
- Roux B. 1966 – Le pin à crochets naturel du Ventoux de la forêt communale de Bédoin. *Revue Forestière Française*, 5 : 328-334.
- Schweingruber F.H. 1990 – *Anatomie europäischer Hölzer/Anatomy of European woods*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, Bern.
- Vannière B., Galop D., Rendu C., Davasse B. 2001 – Feu et pratiques agropastorales dans les Pyrénées-Orientales : le cas de la montagne d'Enveitg (Cerdagne, P.-O., France). *Sud-Ouest Européen*, 11 : 29-42.
- Veny J. & Pons L. 2010 – *Atles lingüístic del domini català*, volum 11. *Els vegetals*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

3^e PARTIE

LES RESSOURCES GÉNÉTIQUES FORESTIÈRES DU PIN À CROCHETS PYRÉNÉEN

Renaud Cantegrel

Office national des forêts, réseau biodiversité des Pyrénées

Remerciements

à tous les participants du programme cités en page 71

Les auteurs anciens interprétaient trop souvent les variations phénotypiques¹ observées in situ chez les essences forestières comme des variations génotypiques. Ils tendaient ainsi à encombrer la nomenclature botanique d'une foultitude de variétés ou races locales fondées sur des caractéristiques de port de l'arbre, ou bien sur des variations morphologiques de ses organes végétatifs ou génératifs. La première partie du présent dossier illustre les nombreuses confusions dendrologiques longtemps entretenues chez les Pins sauvages.

On dispose aujourd'hui de marqueurs génétiques puissants facilitant la détection de variations génotypiques et de la diversité génétique au sein d'une espèce sauvage. Ces nouveaux outils moléculaires permettent à présent de réconcilier nomenclature et biologie, identifiant chaque population locale ou peuplement autochtone d'une essence forestière comme entité spécifique résultant d'une longue histoire évolutive mêlant migrations géographiques et sélection naturelle au cours des temps géologiques.

Sont ici présentés les aspects génétiques issus de trois sources documentaires :

- 1) En premier lieu l'étude « Évaluation patrimoniale des populations de pins sauvages aux Pyrénées », qui résulte de la collaboration² entre l'ONF, le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, et l'INRA, soutenue par le FEDD³ (2007-2010) pour la valorisation des peuplements naturels de Pins à crochets et sylvestre. La base documentaire de référence, archivée à la direction technique de l'ONF, est constituée des deux rapports intermédiaires (FEDD 2007 et 2008) et du rapport final (FEDD 2009) indiqués en bibliographie (Valadon et al., 2007, 2008, 2009).
- 2) Les grands traits de la diversité génétique et les mesures de gestion afférentes sont extraits du « Guide de sylviculture du pin à crochets » publié en 2012 par le GEIE FORESPIR⁴.
- 3) L'interprétation des résultats se trouve également confrontée aux conclusions d'études anciennes utilisant des marqueurs terpéniques (Cantegrel, 1982, 1984a), ou récentes fondées sur des marqueurs moléculaires (Dzialuk et al., 2009), également référencées en fin de 3^e partie du présent dossier.

La synthèse ne s'intéresse qu'à la diversité génétique neutre du Pin à crochets, c'est-à-dire à la diversité des caractères non soumis à sélection naturelle.

1 • ANALYSE DE LA DIVERSITÉ NEUTRE DU PIN À CROCHETS

On peut se demander si l'analyse des marqueurs moléculaires* neutres permet un échantillonnage pertinent de la diversité génétique* pour l'adaptation d'un taxon à un environnement instable alors qu'ils sont soustraits aux forces de sélection. En réalité, les études récentes montrent que la diversité des marqueurs neutres informe également sur deux variantes génétiques complémentaires (Valadon, 2009) :

- sur la diversité de nombreux gènes à effets individuels mineurs sur la valeur adaptative*, mais à effets cumulés potentiellement importants,
- sur les processus non sélectifs de dérive génétique* et de migration qui affectent l'ensemble du *pool* génique.

1.1 • L'analyse de 9 marqueurs chloroplastiques sur 17 populations pyrénéennes

Compte tenu de leur forte variabilité et de leur caractère neutre, les marqueurs de type microsatellite* constituent des outils performants pour l'analyse des flux de gènes et du mode de reproduction. Le choix s'est effectué sur des marqueurs chloroplastiques à hérédité paternelle chez les pins, déjà utilisés par les équipes de chercheurs, espagnole comme polonaise (Dzialuk *et al.*, 2009), sur Pin sylvestre ou sur Pin à crochets. Sur ces bases, l'équipe des généticiens de l'INRA et du CGAF a testé 9 marqueurs chloroplastiques (Pt30.204 – Pt71.936 – Pt87.314, Pt15.169 – Pt26.081 – Pt36.480, Pt1.254 – Pt41.131 – Pt87.268) dont l'un (Pt41.131) discrimine Pin sylvestre et Pin à crochets.

1 La signification des principaux termes utilisés en génétique forestière, marqués d'un astérisque* dans le texte, figure au lexique en annexe 1.

2 Étude coordonnée par Alain Valadon (Conservatoire génétique des arbres forestiers) sur la base d'un programme de recherche associant l'INRA (Catherine Bastien, S. Champetinaud, S. Adeline, B. Favard et V. Guérin) et les services de l'ONF : B. Le Guerroué et A. Valadon (CGAF), Florence Loustalot-Forest et R. Cantegrel (DT Sud-Ouest).

3 FEDD = fonds ONF de l'environnement et du développement durable.

4 Guide élaboré dans le cadre d'Unci'plus, projet transfrontalier du POCTEFA (programme opérationnel de coopération territoriale Espagne France Andorre).

À partir de différents organes (aiguilles, cambium, cônes) prélevés sur 17 sites échantillonnés (dont un jeune peuplement catalan issu de régénération naturelle – voir liste en annexe 2) répartis en 10 bassins orographiques pyrénéens (figure 1), l'analyse de la diversité neutre* s'est effectuée par le biais d'une part des fréquences alléliques*, d'autre part des haplotypes* (définis à partir des profils alléliques individuels).



Figure 1 : Répartition des sites d'échantillonnage des Pins sauvages par bassin orographique au nord des Pyrénées. Source : Valadon et al., 2009

1.2 • Structuration de la diversité neutre sur la chaîne des Pyrénées (versant nord)

L'analyse de la diversité génétique du Pin à crochets s'effectue en deux temps :

- au niveau des 17 populations échantillonnées à raison de 11 à 34 individus par population,
- au niveau de l'aire naturelle fractionnée en 10 bassins orographiques à raison de 117 (BV7) à 861 (BV10) individus par bassin.

Au total, selon le marqueur, 282 à 305 individus sont génotypés⁵.

1.2.1 • Évaluation de la diversité neutre au niveau des populations

La mesure de la diversité génétique s'effectue au moyen de nombreux paramètres caractérisant les marqueurs chloroplastiques choisis. Leur polymorphisme* s'évalue par le nombre moyen d'allèles* par locus* (richesse allélique). La fréquence de ces allèles aux différents loci, l'existence d'allèles privés*, et leur répartition dans les populations permettent de détecter entre elles des similitudes ou des différences, mesurées par la distance génétique*. En synthèse les génotypes conduisent aux résultats marquants ci-après :

Une diversité allélique élevée,

- plus faible à Gavarnie que dans les autres populations ;
- avec un indice de diversité haploïde* variant de 0.5 à 0.6, moindre à Gavarnie (0.449), Lhers (0.460) et Anie (0.465).

On peut en déduire, les marqueurs chloroplastiques étant d'hérédité paternelle, un brassage génétique intra-population satisfaisant *via* les pollens.

⁵ Sont ici particulièrement remerciés B. Le Guerroué (CGAF), S. Champetinaud, S. Adeline, B. Favard et V. Guérin (INRA, UR AGPF Orléans) pour le travail de génotypage.

Une diversité haplotypique exubérante

- L'analyse des profils alléliques individuels permet de les regrouper en 125 haplotypes répartis au long de la chaîne des Pyrénées (figure 2). L'haplotype* le plus fréquent (désigné par H1 avec 22 occurrences) est représenté dans 13 des 17 populations pyrénéennes, d'est (Vallespir) en ouest (Peyreget et Anie), avec une lacune en Bigorre (Gavarnie, Caderolles, Rioumajou).
- Les populations occidentales de Gavarnie, Anie et Rioumajou, ainsi que la régénération naturelle du Canigou qui pourtant se trouve à l'autre extrémité de la chaîne, présentent une diversité haplotypique plutôt inférieure à celle des autres populations. Cette singularité amène à s'interroger sur les conditions d'obtention des régénérations naturelles de Pin à crochets (voir plus loin § 3.2.1) qui, dans l'échantillon du Canigou, n'embrassent pas forcément la totalité de la diversité génétique des peuplements adultes.
- Les populations orientales de la chaîne présentent la diversité haplotypique maximale (figure 3).

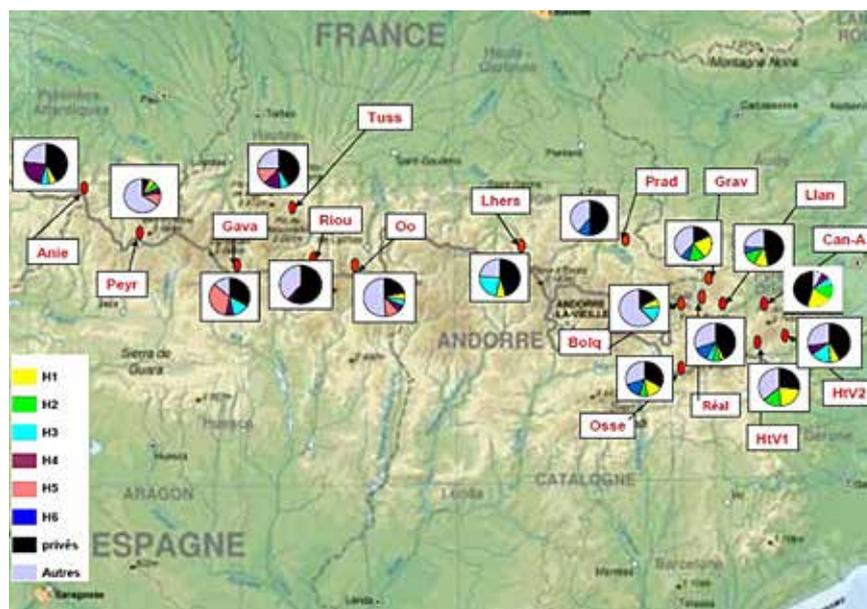


Figure 2 : Répartition des haplotypes chloroplastiques chez *Pinus uncinata* au versant nord des Pyrénées. Source : Valadon et al., 2009

Légende :

L'importance relative de chaque haplotype au sein d'une population est représentée par une couleur différente.

En noir les haplotypes privés de chaque population.

H1 à H6 sont les haplotypes les plus fréquents.

En gris les autres haplotypes partagés entre quelques populations.

Nota : le profil haplotypique de la régénération naturelle du Canigou n'est pas représenté sur la carte.

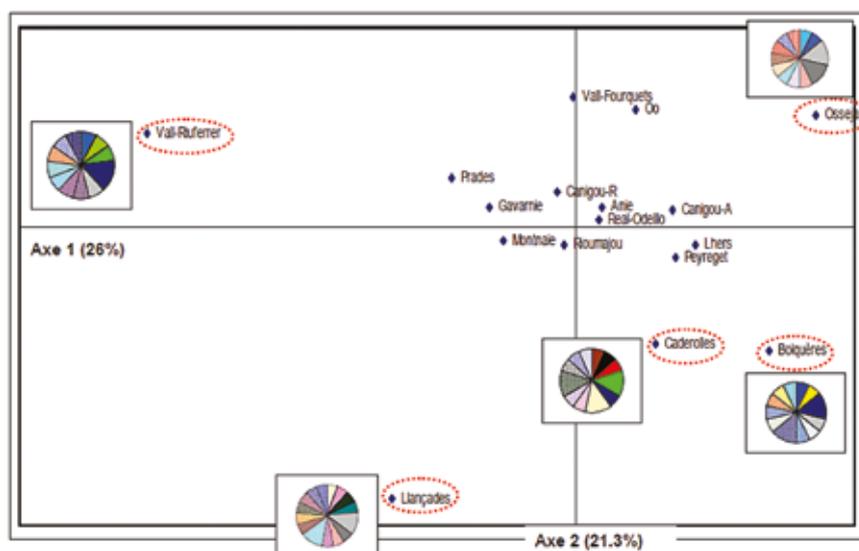


Figure 3 : Les populations orientales de Pin à crochets embrassent la totalité de la diversité haplotypique pyrénéenne.

Légende :

Plan défini par les 2 premiers axes de l'analyse discriminante des populations selon leurs profils haplotypiques.

Chaque point ♦ représente une population échantillonnée.

Les axes 1 et 2 expriment la diversité maximale des populations pyrénéennes représentées dans l'espace haplotypique multidimensionnel.

Noter la position externe (pointillés rouges et profils haplotypiques associés) de la plupart des populations orientales par rapport au nuage pyrénéen.

Une distance génétique liée aux flux de pollens⁶

La distance génétique* entre populations mesure le degré d'homologie de leurs génomes. Un des outils de comparaison des populations, la matrice des identités génétiques de Nei* (non reproduite ici), permet d'évaluer leur similarité ou différenciation sur la base des haplotypes chloroplastiques.

Dans une deuxième phase sont analysées les corrélations entre le degré de divergence des haplotypes individuels (distance génétique) et leur éloignement géographique.

La **structuration géographique** des distances génétiques chez *Pinus uncinata* apparaît alors clairement :

- forts indices d'identité génétique entre populations orientales,
- similarité génétique entre populations géographiquement proches ou peu éloignées.

L'analyse des corrélations entre distance génétique et éloignement géographique permet effectivement de conclure à une similarité génétique entre individus d'une même population ou de populations proches géographiquement (distances de 10 à 30 km). Le seuil de distance de 30 km correspond d'une part aux populations d'un même bassin orographique (e.g. Haut Vallespir-Canigou), et d'autre part à des populations situées dans des bassins orographiques limitrophes de taille moyenne (BV5-BV6 – Haut Béarn – par exemple).

En revanche, la différenciation est nette entre populations pyrénéennes très éloignées (de plus de 150 km).

L'analyse de la diversité génétique neutre au niveau des populations pyrénéennes conduit à envisager d'intéressantes modalités de circulation génique chez *Pinus uncinata* :

Au sein de chaque population, le bon brassage du pollen induit une diversité haploïde élevée.

- Entre populations, la distance génétique observée dépend de leur éloignement géographique. Aussi en déduit-on l'importance des flux de gènes entre populations ou bassins orographiques proches, à l'origine de fortes similarités génétiques à courte distance (Caderolles-Gavarnie en Bigorre, Anie-Peyreget en Béarn), voire entre peuplements peu éloignés à l'échelle pyrénéenne (Montnaie en Pays de Sault et Réal en Catalogne).
- La divergence entre populations ne suit pas une variation clinale le long de la chaîne des Pyrénées. Cependant on observe une faible, mais significative, structuration spatiale de la diversité génétique, avec maintien de particularités dues au cloisonnement orographique ou à l'héritage de la dynamique colonisatrice de tel ou tel massif.

Le fait le plus frappant réside dans l'originalité marquée de certaines populations, comme Gavarnie, Lhers et Anie, avec tout ce que cette singularité implique en terme de conservation des ressources génétiques forestières.

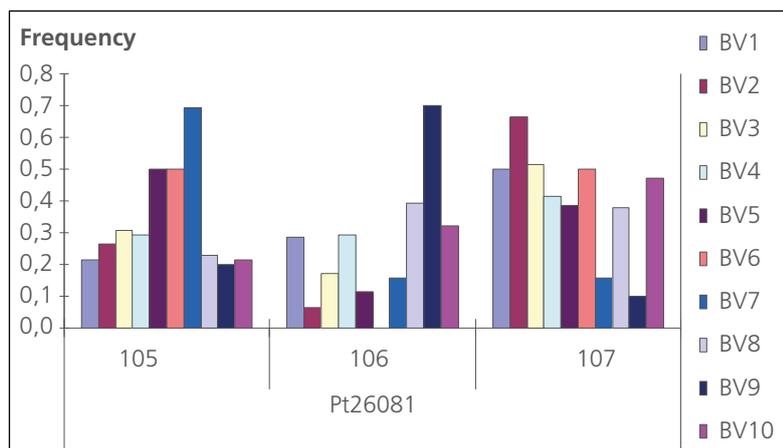
1.2.2 - Structuration orographique de la diversité neutre

L'analyse précédente au niveau des populations pyrénéennes montre une tendance à une structuration spatiale de la diversité génétique. Il importe à présent de traduire les différentes modalités d'expression de cette diversité induite par la fragmentation de l'aire naturelle du Pin à crochets.

Une richesse allélique élevée et variable entre bassins orographiques

Le nombre total d'allèles identifiés aux 9 marqueurs chloroplastiques varie sensiblement d'un bassin orographique à l'autre, de 24 pour BV2 (Pays Toy) à 36 pour BV8 (haute vallée de l'Aude). Par ailleurs, les différences de fréquence allélique n'y sont pas uniquement constatées pour les allèles minoritaires, c'est-à-dire peu présents à l'échelle des Pyrénées. Ainsi par exemple le marqueur Pt26.081, peu polymorphe, révèle des représentations très variables de ses 3 allèles selon l'origine géographique des populations (figure 4). Certains massifs, comme celui d'Anie (BV 6), peuvent même connaître l'absence d'un allèle (n° 106), pourtant très fréquent dans d'autres peuplements.

⁶ L'auteur a montré antérieurement le rôle des vents dominants de secteur ouest affectant les Pyrénées, cause d'une circulation ouest-est des pollens, et origine probable de l'enrichissement de la variabilité génétique des populations situées au centre de l'aire pyrénéenne de *Pinus uncinata* (Cantegrel, 1982, 1984a).



Légende :

Chacun des 10 bassins orographiques (BV) est représenté par une couleur.

En abscisse : repérage des 3 allèles du marqueur (105 à 107)

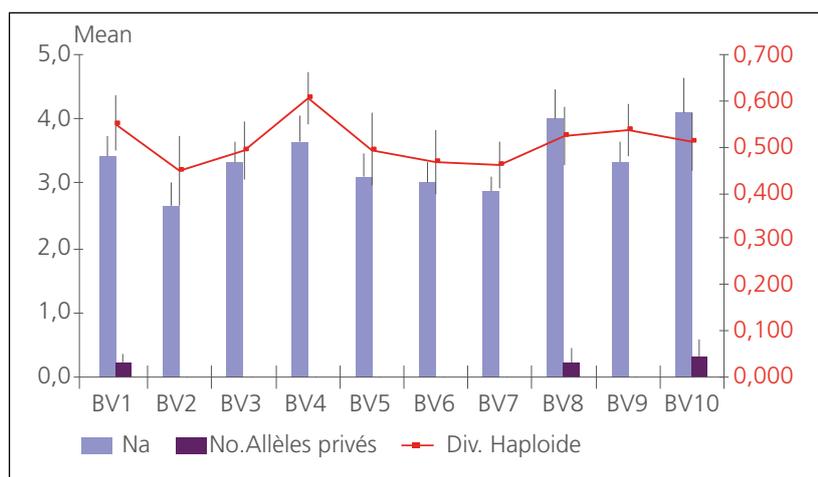
En ordonnée : fréquence allélique rencontrée dans chaque bassin orographique.

Noter la dimorphie du marqueur Pt26.081 au massif d'Anie (BV6), alors qu'il se révèle trimorphe dans tous les autres peuplements pyrénéens.

Figure 4 : Distribution des fréquences alléliques pour le marqueur chloroplastique Pt26.081 selon les populations réparties par bassin orographique

Une relative uniformité haploïde des peuplements occidentaux

La diversité allélique de l'ADN chloroplastique se révèle plus faible au sein des peuplements occidentaux (Pays Toy – BV2, Anie – BV6) qu'ailleurs dans les Pyrénées (figure 5), mis à part le bassin du Salat (Lhers – BV7) qui offre lui aussi peu de diversité dans le contexte des Pyrénées centrales.



Légende :

BV : bassin orographique

Na : nombre d'allèles

No : nombre d'allèles privés (présents en un seul BV)

La diversité haploïde (en rouge) est corrigée des effets d'effectif.

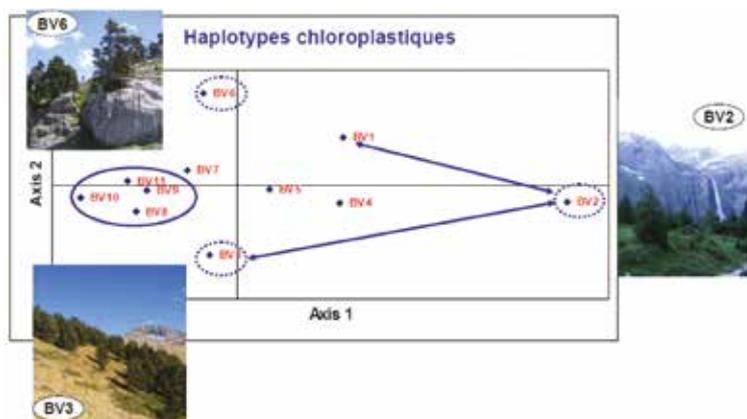
Figure 5 : Distribution de la richesse allélique et de la diversité haploïde selon les bassins orographiques.

Une forte diversité haplotypique, assez uniforme au sein de chaque zone orographique

On a vu ci-dessus (§ 1.2.1) la grande diversité haplotypique mise en évidence au niveau des **populations** pyrénéennes, sans être en mesure d'expliquer la structuration spatiale de cette diversité. Les généticiens ont alors testé différents scénarios de regroupement des populations en **entités orographiques** plus ou moins étendues, afin de détecter les ressorts de cette diversité géographique du Pin à crochets pyrénéen.

À cette fin, l'ensemble orographique BV10 regroupant les vastes pineraies de Cerdagne, Haut-Conflent et Vallespir fait l'objet d'une scission entre d'une part la Cerdagne et le Conflent (désormais désignés BV10p) et d'autre part entre le massif du Canigou et le Vallespir (nouvellement repérés BV11).

Entre ces **11 massifs** de la chaîne pyrénéenne, comme la richesse allélique, la diversité des haplotypes chloroplastiques reste élevée et relativement stable. Avec cependant une diversité plutôt moindre au sein des peuplements occidentaux où encore une fois se singularisent les massifs d'Anie (BV6), du Pays Toy (BV2) et des Nestes (BV3), tandis qu'à l'inverse apparaît la similarité des bassins orographiques orientaux (figure 6).



Légende :

Plan défini par les 2 premiers axes de l'analyse discriminante des 11 bassins orographiques (•) selon le profil haplotypique de leurs peuplements.

Les flèches soulignent les différences génétiques constatées entre massifs occidentaux géographiquement proches.

L'ellipse en trait plein englobe les massifs orientaux caractérisés par des empreintes génétiques peu différenciées.

Figure 6 : La singularité génétique des bassins orographiques du Béarn, du Pays Toy et des Nestes contraste avec la similarité génétique des massifs orientaux

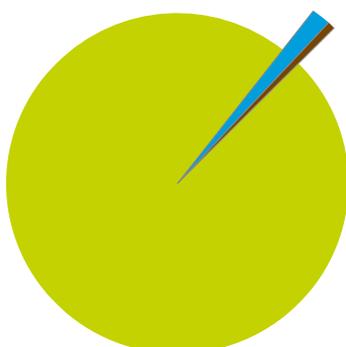
Afin de mieux décrypter la structuration spatiale de la diversité neutre chez *Pinus uncinata*, on regroupe à présent les bassins orographiques contigus en 5 paires + le BV11, selon les entités géographiques suivantes :

- Pyrénées occidentales
BV5 BV6 : Haut Béarn
BV1 BV2 : Haut Adour et Pays Toy
- Pyrénées centrales
BV3 BV4 : Pays des Nestes et Luchonnais
BV7 BV9 : Haut Couserans et Haute Ariège
- Pyrénées orientales
BV8 BV10p : Pays de Sault, Quérigut, Capcir et Haut Conflent, Cerdagne
BV11 : Canigou et Vallespir (nouveau BV obtenu par scission du bassin oriental initial BV10)

En définitive ce découpage en 6 zones, après avoir testé d'autres modalités de regroupement, se justifie par un meilleur équilibre de la représentation du Pin à crochets dans les massifs occidentaux et centraux de la chaîne, ainsi que par l'étendue des bassins orographiques orientaux. On a par ailleurs mis en évidence la proximité entre certaines des populations catalanes (Osséja, Llançades) avec celles du BV8 (haute vallée de l'Aude), d'où l'intérêt de regrouper ce dernier avec le BV10p.

Ce découpage conduit à un coefficient de différenciation non significatif entre populations de la même zone orographique, lissage non obtenu par les autres regroupements testés. Ce résultat peut être interprété comme une meilleure homogénéisation des populations au sein de chacune des 6 zones, en particulier aux extrémités de la chaîne.

Ainsi, pour le Pin à crochets du versant nord des Pyrénées, le coefficient de différenciation génétique entre zones orographiques s'avère faible, mais significatif (figure 7), même si 98 % de la variance haplotypique s'observent au sein des populations.



Légende :

Représentation schématique des résultats de l'AMOVA (analyse de variance moléculaire*) effectuée à 2 échelles spatiales (population, zone) pour les haplotypes chloroplastiques pyrénéens.

Le disque représente la totalité de la diversité génétique neutre du Pin à crochets, se répartissant comme suit selon les 3 niveaux d'analyse :

- En vert, 98 % de diversité individuelle au sein des populations,
- En bleu, 1 % de diversité entre les 6 zones orographiques,
- En marron, une diversité non significative entre populations au sein des zones orographiques.

Figure 7 : La diversité neutre du Pin à crochets, comme celle du Sylvestre, se rencontre en quasi-totalité au sein des populations, avec une structuration orographique faible, mais bien réelle.

Les résultats obtenus au niveau de la structuration génétique spatiale des peuplements pyrénéens de *Pinus uncinata* se résument ainsi :

- Une diversité neutre variable selon les bassins orographiques, particulièrement faible en Pyrénées occidentales.
- Des spécificités pour certains allèles ou haplotypes, rares ou non.
- Des différences génétiques contrastées entre bassins orographiques :
 - un lien complexe entre distances géographiques et distances génétiques,
 - une similarité génétique des massifs orientaux (Aude, Pyrénées-Orientales),
 - les massifs occidentaux du Haut-Adour, du Pays des Nestes et d'Anie se distinguent des autres.

En définitive l'analyse de la diversité génétique neutre du Pin à crochets, confrontée aux fluctuations spatiales de la pineraie révélées par les travaux historiques^a, accrédite l'hypothèse d'une constitution des peuplements naturels sous 3 contraintes majeures :

- d'abord la reconquête de la chaîne pyrénéenne au relief accentué durant la dernière période glaciaire,
- puis la circulation orientée des gènes sous l'effet dominant des vents d'ouest vecteurs de pollens,
- enfin la fragmentation anthropique des peuplements (charbonnage, pastoralisme).

^a Lire à ce sujet les contributions de D. Galop et M. Bartoli en 2^e partie du présent dossier

2 • L'INTROGRESSION ENTRE POPULATIONS DE PIN SYLVESTRE ET DE PIN À CROCHETS

L'hybridation interspécifique *P. sylvestris* x *P. uncinata* est soupçonnée depuis longtemps (en 1864 par Christ en Haute-Engadine) et décrite depuis 1933 aux Pyrénées sous la dénomination de Pin de Bouget *Pinus bougeti* Flous. Les principales étapes de cette reconnaissance sont rappelées en première partie du présent dossier.

2.1 • L'hybridation entre Pin sylvestre et Pin à crochets : quelle réalité ?

La démarche mise en œuvre pour caractériser l'introgression* entre Pin à crochets et Sylvestre se résume à trois phases :

- phénologie comparée *in situ* de la floraison des deux espèces, afin d'évaluer leurs potentialités d'échange génique,
- croisements contrôlés entre provenances de chacun des taxons, afin de prouver l'obtention de graines hybrides viables,
- discrimination des génotypes au moyen de marqueurs microsatellites* chloroplastiques, permettant de les rattacher à l'une ou l'autre des espèces parentes ou à une forme hybride.

La discrimination entre Pin sylvestre et Pin à crochets suppose une reconnaissance phénotypique parfaite des deux espèces, ce qui est loin d'être aisé à cause de leur variabilité génétique* et de l'existence de nombreuses formes intermédiaires. C'est pourquoi divers auteurs ont tenté de mettre au point des outils de détermination morphotypiques à partir de critères facilement observables *in situ*. Dans cet esprit on se sert dans la démarche présentée ici de la clé morphotypique de Remaury et Lefèvre (1995), particulièrement efficiente pour la détermination des Pins sauvages (voir plus loin § 3.2.3 et figure 16).

2.1.1 • Phénologie de la floraison *in situ* chez *Pinus uncinata* et *Pinus sylvestris*

Dans la zone de contact du Pin à crochets avec le Sylvestre, la floraison des deux espèces, bien que décalée par la tardiveté du Pin à crochets, autorise théoriquement l'hybridation spontanée dans les deux sens (figure 8) : vers 1 650 m d'altitude par exemple, 18 jours de pollinisation possible ♂ Pin à crochets vers ♀ Sylvestre, 11 jours de ♂ Sylvestre vers ♀ Pin à crochets.

Le suivi *in situ* de la floraison effectué sur le site de Marcadau (Bouchet, 2007) montre un décalage partiel de la phénologie du Pin sylvestre et du Pin à crochets à même altitude, ce dernier, plus alticole, se révélant logiquement plus tardif. Il n'existe en conséquence aucun isolement reproducteur spécifique et l'hybridation spontanée devient dès lors chronologiquement possible du Sylvestre vers le Pin à crochets comme en sens inverse.

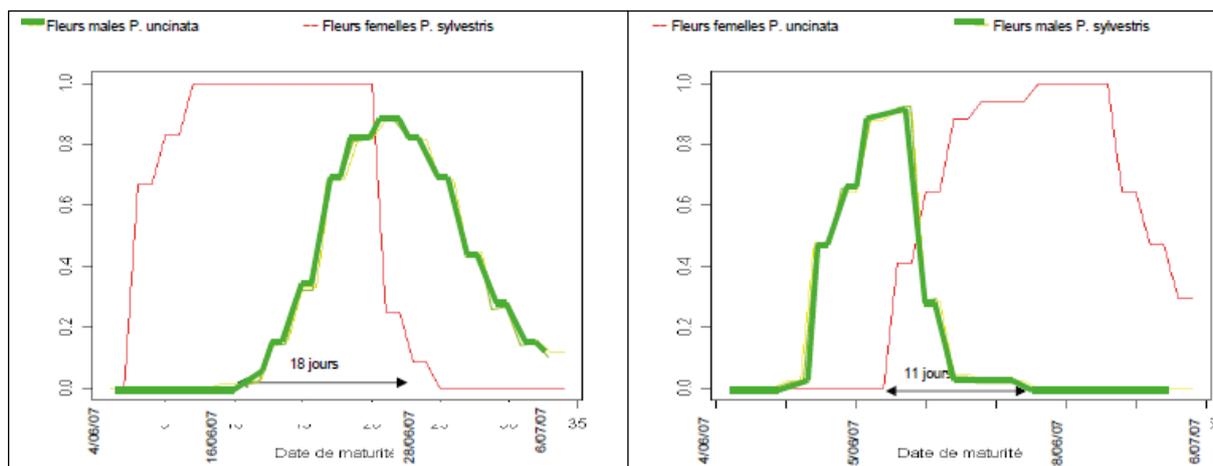


Figure 8 : En conditions naturelles l'hybridation entre *Pin sylvestre* et *Pin à crochets* est potentiellement bilatérale au niveau de leur zone de contact. (Source : Bouchet, 2007)

Légende : Proportion d'individus de chaque espèce pourvus de fleurs mûres (ordonnées) en fonction de la date d'observation (abscisses). Site du Marcadau, Haute Bigorre – BV2

Cependant, le synchronisme plus étalé des floraisons femelles sylvestres avec les mâles *Pin à crochets* (18 jours contre seulement 11 pour la coïncidence entre pollinisation Sylvestre et maturation ♀ *Pin à crochets*) milite pour un croisement privilégié⁷ père *Pinus uncinata* x mère *Pinus sylvestris*.

2.1.2 • Obtention de graines hybrides par croisements contrôlés

La manipulation, effectuée au laboratoire⁸ en 2008, utilise des mères sylvestres disponibles à Orléans (provenances Hagueneau et Taborz) pollinisées par des pères *Pin à crochets* de diverses provenances dont Néouvielle. Les caractéristiques séminales obtenues par croisements contrôlés, comparées à celles issues de pollinisation libre (figure 9), sont illustrées par un faible rendement en graines pleines, mais par une masse de 1 000 graines sensiblement identique (effets maternels).

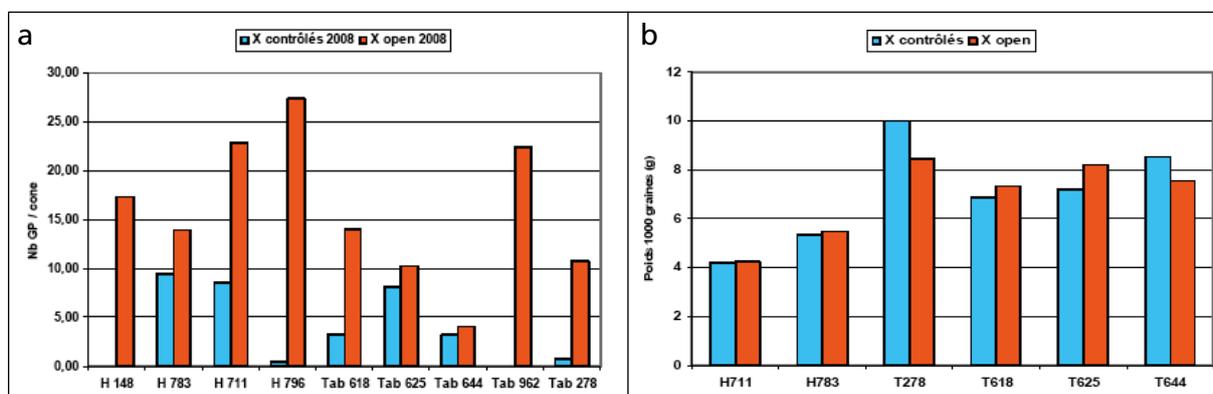


Figure 9 : Le rendement séminal (a) obtenu par croisement contrôlé *Pinus uncinata* x *P. sylvestris* est nettement plus faible que celui qui résulte d'une libre pollinisation intraspécifique, même si la masse unitaire des graines (b) reste stable.

fig. 9a le rendement en graines pleines issues de pollinisations libres (en orange) surpasse celui des graines hybrides obtenues par croisements contrôlés (en bleu).

fig. 9b la masse de 1 000 graines, si elle diffère suivant les provenances, ne dépend pas des modalités de pollinisation.

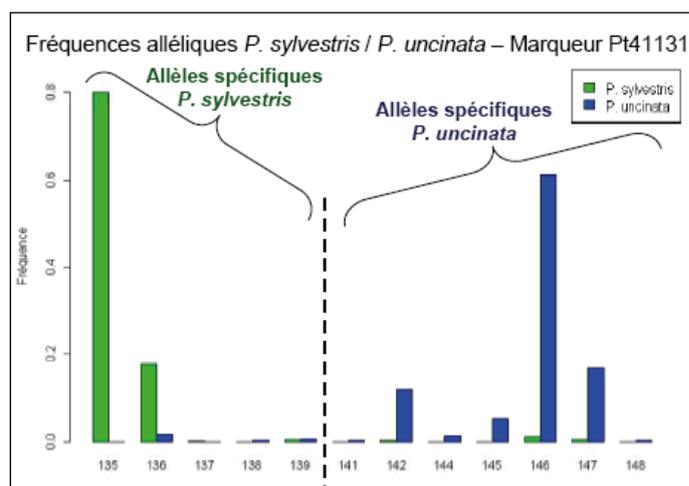
Provenances des mères *Pin sylvestre* : H = Hagueneau (Alsace). T ou Tab = Taborz (Pologne).

⁷ C'est ce que suggère Gaussen lorsqu'il décrit l'hybride pyrénéen (voir 1^e partie) *Pinus bougeti* = *P. uncinata* x *P. sylvestris*, le différenciant en cela de son congénère alpin remarqué par Christ au XIX^e siècle : *Pinus raethica* = *P. sylvestris* x *P. uncinata*.

2.1.3 • Génotypage au moyen de marqueurs chloroplastiques discriminants

L'analyse conjointe des populations pyrénéennes de Pins sauvages confirme le fort pouvoir discriminant des marqueurs⁸ Pt41.093 et Pt41.131 qui permettent de déterminer le père d'un échantillon testé (graine, plantule, arbre adulte). Ainsi, en ce qui concerne le marqueur chloroplastique Pt41.131 (figure 10) :

- il existe des allèles majoritaires nettement distincts chez chacune des deux espèces, 2 chez *Pinus sylvestris* (135, 136), 4 chez *Pinus uncinata* (142, 145, 146, 147) ;
- la différenciation des tailles* alléliques est évaluée à 140 paires de bases* environ.



Légende :

Les fréquences des morphotypes sylvestris figurent en vert, celles des morphotypes uncinata en bleu.

Note :

Les fréquences alléliques se distribuent très différemment selon les espèces au sein des 40 populations pyrénéennes (23 de *P. sylvestris* et 17 de *P. uncinata*).

On observe quelques cas de discordance (2.8 %) entre génotype et morphotype : 8 de type uncinata (en bleu aux allèles 136, 138 et 139) et 14 de type sylvestris (en vert aux allèles 142, 146 et 147).

Figure 10 : La distribution des fréquences alléliques pour le marqueur Pt41.131 discrimine bien les deux espèces pyrénéennes de Pins sauvages. (Source : Mongin, 2009)

En outre, les cas de discordance détectés entre génotypes et morphotypes identifiés au moyen de la clé Remaury & Lefèvre laissent supposer un taux d'hybridation interspécifique évalué à 2.8 % sur la base de ce marqueur. On peut cependant se demander si ce taux se vérifie en effectuant une analyse multilocus, démarche fondée, non plus sur un seul marqueur, mais sur les haplotypes issus des 9 marqueurs retenus pour caractériser les populations pyrénéennes de Pin sylvestre et de Pin à crochets.

On observe en effet une écrasante majorité d'haplotypes spécifiques à *Pinus sylvestris* (95 à 99 % au sein des populations extra-pyrénéennes) et à *P. uncinata* (97 % au sein des Pyrénées), que ces empreintes résultent de la combinaison de 6 ou de 3 marqueurs parmi les 9 choisis. On dispose donc là d'haplotypes privés multilocus à fort pouvoir discriminant au sein du complexe des Pins sauvages.

À ce titre, la comparaison des deux techniques d'analyse génétique, monolocus et multilocus*, synthétisée au tableau 1, permet de tester la pertinence des résultats obtenus pour la mise en évidence des génotypes hybrides :

- surestimation de l'effectif hybride au sein des peuplements de Pin à crochets et de Pin sylvestre en utilisant le seul marqueur Pt41.131,
- risque d'erreur de diagnostic plus élevé chez les individus présentant un morphotype *Pinus uncinata*,
- l'approche multilocus se révèle plus précise dans l'estimation du taux d'hybridation.

Morphotypes	Nombre d'hybrides détectés selon la technique d'analyse		Origine des différences d'effectif hybride constatées entre les 2 systèmes d'empreinte	
	Haplotype monolocus (Pt41.131)	Haplotypes multilocus (construits à partir des 9 marqueurs chloroplastiques)	Individus à haplotype <i>P. uncinata</i>	Individus à statut indéterminé (hybridation à confirmer)
<i>Pinus uncinata</i>	8	1	5	2
<i>Pinus sylvestris</i>	14	10		4

Tableau 1 : Détection des hybrides *P. uncinata* x *P. sylvestris* selon l'empreinte génétique monolocus ou multilocus. (Source : Mongin, 2009)

⁸ Pt41.093 est un marqueur microsatellite chloroplastique initialement utilisé pour discriminer Pin à crochets et Sylvestre. Par ailleurs, le pouvoir discriminant des 9 marqueurs mentionnés en début de § 1.1 se révèle très variable. Outre le Pt41.131, l'intérêt du Pt30.204 réside dans l'identification d'allèles privés appartenant à chacun des taxons (2 chez *P. sylvestris*, 1 chez *P. uncinata*).

On obtient ici la confirmation, pour la première fois chez *Pinus uncinata* et *Pinus sylvestris*, de la possible discrimination de nos deux espèces de Pins sauvages au moyen d'outils moléculaires. Cependant l'utilisation du seul marqueur Pt41.131 présente une tendance à sensiblement surestimer le nombre des hybrides par rapport à une analyse multilocus.

Néanmoins l'analyse génétique uniquement fondée sur l'ADN chloroplastique (à hérédité paternelle) sous-estime généralement le taux d'hybridation, et la fiabilisation du degré d'introgression nécessiterait de tester de manière complémentaire l'ADN mitochondrial (à héritage maternel chez les conifères).

2.2 • L'introgression des pineraies sauvages

2.2.1 • Un phénomène largement répandu aux Pyrénées

Même s'il affecte peu d'individus comme le montrent les tests effectués (environ 2 % des échantillons analysés), le phénomène d'introgression des pineraies sauvages pyrénéennes est avéré dès que coexistent *Pinus uncinata* et *P. sylvestris*. En effet, les génotypages effectués au versant nord des Pyrénées permettent de détecter l'occurrence d'hybrides adultes sur la base d'haplotypes dans 6 des 10 bassins orographiques étudiés (figure 11).

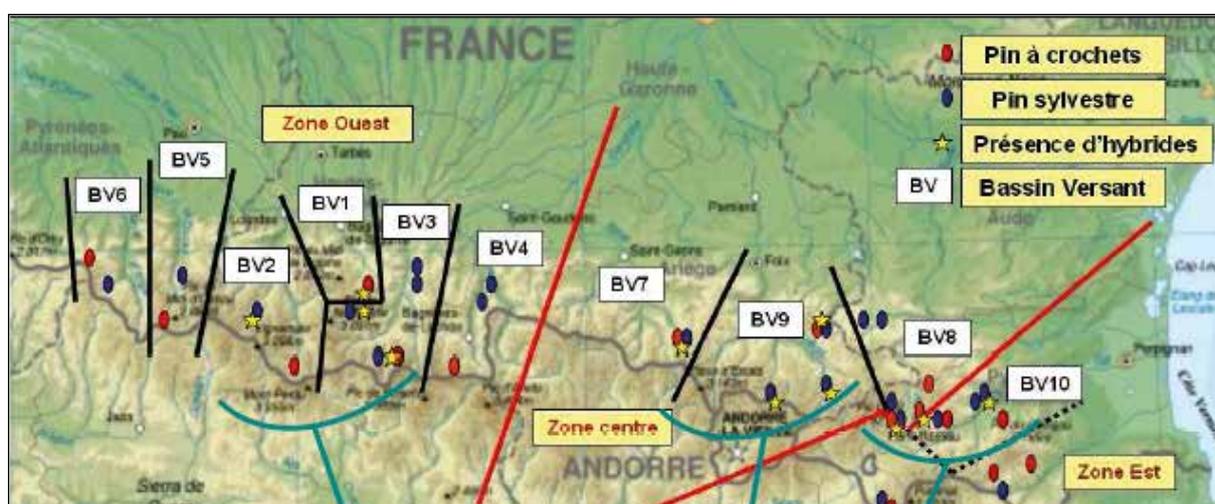


Figure 11 : Les génotypages confirment l'introgression des pineraies sauvages dans les massifs où des morphotypes hybrides sont connus. (Source : Valadon, 2009)

2.2.2 • Évaluation *in situ* du degré d'introgression en Haute-Bigorre

Les analyses génétiques effectuées par le CGAF au moyen du marqueur chloroplastique Pt41.131 concernent des peuplements étagés passant du Pin sylvestre au Pin à crochets sur un versant de la vallée du Rioumajou (BV3). Le génotypage a utilisé deux marqueurs chloroplastiques différents selon le type de matériel végétal prélevé sur un transect altitudinal entre 1 400 et 2 200 m :

- les adultes (arbres mères et leurs voisins) au moyen du Pt41.093, qui présente ici 6 allèles : 2 allèles correspondant au morphotype Sylvestre et 4 allèles liés au morphotype Pin à crochets. Ce résultat s'inscrit dans un contexte plus large où 9 allèles caractérisent le polymorphisme de ce marqueur chloroplastique d'après un échantillonnage de 3 populations orographiquement proches : BV2 & BV3 (figure 13).
- les graines, réparties en descendance maternelle, au moyen du marqueur chloroplastique Pt41.131. Les arbres-mères récoltés vont du morphotype Sylvestre (seul représenté en dessous de 1 700 m) au morphotype Pin à crochets (seul subsistant au dessus de 2 200 m), en passant par les morphotypes intermédiaires entre ces altitudes extrêmes. Au regard de cette typologie des formes rencontrées, le génotypage permet d'afficher les haplotypes des descendance par niveau correspondant (figure 12).

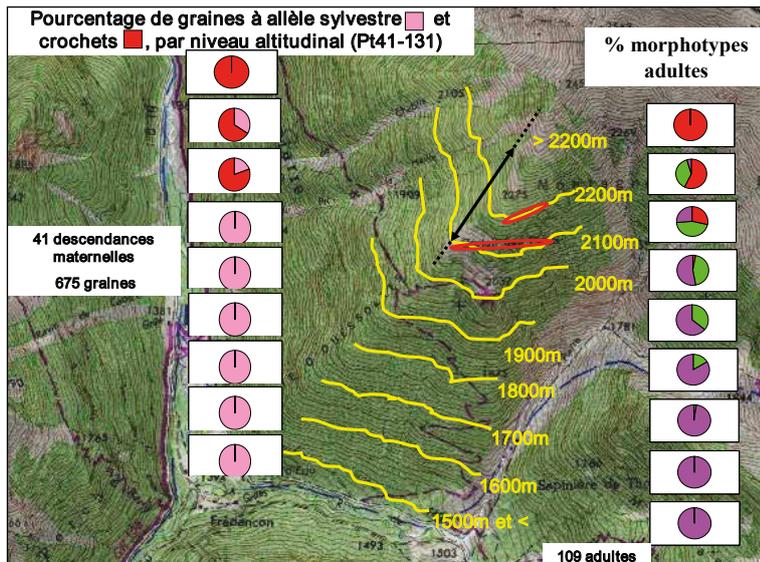


Figure 12 : La discordance entre les haplotypes des adultes et ceux de leurs descendances maternelles manifeste l'introgession en zone de contact Pin à crochets/Pin sylvestre

Légende

En rouge : Pin à crochets
 En vert : morphotype hybride
 En mauve : Pin sylvestre
 En jaune : isohypses équidistance 100 m
 Double flèche noire :
 tranches altitudinales où sont détectés des haplotypes hybrides dans les descendances maternelles (discordance entre l'allèle de l'arbre-mère et celui des graines : 44 graines sur 675, soit 6.5 %, sont issues de pollinisations croisées).



Figure 13 : Le polymorphisme du marqueur chloroplastique Pt41.093 permet de valider le statut des morphotypes rencontrés au Rioumajou. (Source : CGAF 2007-2008)

Légende

Abcisses - 9 allèles du marqueur chloroplastique Pt41.093 identifiés dans 3 populations (Cauterets, Néouvielle et Rioumajou) :
 73 et 74 : 2 allèles P. sylvestris,
 76 à 86 : 7 allèles P. uncinata.
 Ordonnées - Fréquence des 3 morphotypes (Sylvestre PS, hybride HY, Pin à crochets PC) aux 6 allèles présents au Rioumajou.

Sur le transect échantillonné, et grâce au système de double marquage génétique arbres-mères/descendances, l'évaluation du degré d'introgession présente les caractéristiques suivantes :

- sur une amplitude de 800 m, c'est aux seules tranches altitudinales 2 100 et 2 200 m que se manifeste une discordance entre l'allèle de l'arbre-mère et celui de sa descendance,
- et la proportion de graines issues de pollinisation croisée y atteint 6.5 %, soit deux à trois fois le taux d'hybridation détecté chez les adultes.

En définitive, l'hybridation demeure un phénomène assez rare dans les populations pyrénéennes de Pin à crochets et de Pin sylvestre. Les taux d'hybridation obtenus sur le matériel échantillonné se limitent en effet aux valeurs suivantes :

- 2 à 3 % sur les individus adultes
- 6.5 % sur les descendances maternelles (mais leur survie n'est pas évaluée à ce jour).

En l'état actuel des connaissances, on suppose que certaines populations introgressées produisent localement une quantité non négligeable de graines hybrides, mais dont seulement une part minimale parvient au stade adulte.

Quoi qu'il en soit, l'évaluation plus précise du taux d'introgession des pineraies sauvages mériterait des investigations plus poussées. En effet, en l'absence de marqueur discriminant à héritage maternel (de type mitochondrial chez les conifères), on ne peut déterminer avec certitude le statut hybride ou non d'un individu.

Au terme de cette approche de la diversité génétique du Pin à crochets pyrénéen, les implications en matière de conservation des ressources génétiques, et plus largement de gestion forestière, demeurent contrastées. Le bilan peut se résumer ainsi :

- La diversité génétique et l'hybridation représentent une dimension et des mécanismes mal connus des gestionnaires forestiers.
- Cette méconnaissance est accentuée par la difficulté d'identifier les hybrides sur le terrain.
- Les progrès enregistrés dans la connaissance de l'introgression des pineraies sauvages restent limités vu l'absence de statut accordé aux hybrides et aux habitats naturels hébergeant ces hybrides.
- Ces lacunes s'expliquent également par la superficie réduite des zones d'hybridation et leur localisation parfois éloignée des parcelles où se pratique la gestion forestière.
- Il convient de reconnaître enfin que l'enjeu de protection des pineraies sauvages est considéré comme faible au regard de la conservation d'espèces ou d'habitats menacés.

Cependant la conservation et la valorisation des ressources génétiques de *Pinus uncinata* méritent une attention toute particulière :

- Malgré les demandes aujourd'hui de faibles quantités de graines, des besoins émergent pour les opérations de reforestation en montagne à partir de provenances locales.
- L'analyse de la diversité, jusqu'ici largement préservée, des pineraies sauvages pyrénéennes s'intègre parfaitement dans la stratégie de conservation des ressources génétiques forestières.
- Enfin la gestion durable des peuplements de Pin à crochets revêt une importance cruciale tant pour des massifs à vocation de production que pour des espaces dédiés à la conservation de la biodiversité.

3 • LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DU PIN À CROCHETS DANS LE CONTEXTE DES PINERAIES SAUVAGES PYRÉNÉENNES⁹

3.1 • Les traits marquants de la diversité génétique neutre chez *Pinus uncinata*

Les développements ci-dessus permettent de caractériser ainsi la diversité génétique du Pin à crochets au versant nord des Pyrénées :

- Un bon brassage génétique existe au sein des populations et entre populations proches, d'où
 - › **une similarité génétique des populations géographiquement proches** (situées dans un même bassin orographique) ou peu éloignées (appartenant à des bassins orographiques contigus);
 - › **cette forte identité génétique est particulièrement flagrante au niveau des massifs orientaux** (Aude et Catalogne).
- La structuration orographique de la diversité neutre s'avère faible, mais significative, avec peu de liens constatés entre distance génétique et distance géographique à l'échelle de la chaîne des Pyrénées :
 - › **singularité génétique des massifs occidentaux d'Anie¹⁰, du Pays Toy et du Pays des Nestes, dans un contexte orographique très cloisonné.**
- L'introgression des populations de Pin sylvestre et de Pin à crochets, courante dans les zones de contact entre les deux espèces, affecte une faible part des descendances, d'où un
 - › **risque actuel quasi inexistant d'assimilation d'une espèce autochtone de Pin par l'autre au fur et à mesure de la succession des générations.**

Dans une perspective de préservation et de valorisation des ressources génétiques de *Pinus uncinata*, les enjeux apparaissent au tableau 2.

⁹ Les résultats résumés dans ce chapitre 3 sont majoritairement extraits du guide de sylviculture du Pin à crochets.

¹⁰ Cette singularité génétique de la population extrême-occidentale d'Anie confirme celle déjà illustrée par l'auteur sur la base de marqueurs terpéniques pour la première fois testés chez *Pinus uncinata* (Cantegrel, 1982).

Constats	Mécanismes	Conséquences
Originalité ⁽¹⁾ des ressources génétiques pyrénéennes.	Isolement de populations lors des cycles de crue-décruce glaciaire au Quaternaire ⁽²⁾ . Recolonisation postglaciaire originaire des massifs orientaux?	Une entité pyrénéenne à prendre en compte dans la gestion des RGF : - zones d'approvisionnement - règles de transfert - unités conservatoires?
Forte diversité neutre intra-peuplement. Hétérozygotie et diversité haploïde généralement élevées.	Forts brassages génétiques passés intra-peuplements.	Du « carburant » pour le « moteur » de la sélection naturelle. Une capacité à transmettre des gènes liés à des caractères adaptatifs déjà présents, si ces brassages persistent. Une garantie à conserver face à des environnements changeants.
Faible différenciation génétique entre peuplements proches géographiquement.	Des flux de gènes conséquents à faible distance.	Risques élevés d'« assimilation génétique » en cas d'introduction de matériel végétal allochtone interfertile. Des zones de transferts de taille limitée pour les matériels forestiers de reproduction (graines, plants).

(1) Originalité des populations pyrénéennes mise en évidence par des études antérieures, notamment Dzialuk et al. (2009), Heuertz et al. (2009).

(2) Voir notamment les hypothèses de fractionnement de la métapopulation* pyrénéenne lors des dernières glaciations, et la reconquête des reliefs postglaciaires par *Pinus uncinata* (Cantegrel, 1982, 1984a).

Tableau 2 : La compréhension des mécanismes conditionnant la diversité génétique de *Pinus uncinata* reste un préalable pour la gestion durable de ses peuplements.

3.2 • Premières recommandations pour la gestion des pineraies sauvages

3.2.1 • Mobiliser les ressources génétiques locales

Tirer parti des ressources locales passe par plusieurs axes d'intervention :

Privilégier la régénération naturelle des peuplements autochtones afin de bénéficier d'une diversité génétique élevée et durable, grâce à la dynamique des processus évolutifs, et d'une meilleure adaptation aux changements climatiques.

- Raisonner la place accordée au Pin à crochets dans les peuplements mélangés. Ne pas omettre de favoriser l'essence la mieux adaptée aux potentialités de la station forestière et, en cas d'introgression avec le Sylvestre, éviter d'éliminer les morphotypes hybrides.
- Conduire une sylviculture ménageant un effectif reproducteur suffisant (au moins 30 semenciers/ha) pour garantir une base génétique large.
- Prévoir un étalement pluriannuel de la régénération (en futaie régulière, durée minimale de 10 ans entre ensemencement et coupe définitive) pour favoriser la contribution d'un maximum de tiges reproductrices et profiter d'années à très forte production séminale.
- Moduler les conditions d'obtention de la régénération en tenant compte de l'effet massif, pour favoriser la diversité génétique :
 - au sein des peuplements de grande taille (cas des massifs orientaux de la chaîne), le voisinage reproducteur facilite un échantillonnage et un brassage génique satisfaisants par le biais des pollens et des graines ;
 - à l'inverse, la régénération des peuplements isolés, très lâches ou de très faible effectif doit cumuler des capacités reproductives étalées dans le temps (abondance des productions annuelles de graines et de semis).

Lorsque la plantation est malgré tout incontournable, sélectionner des sources de graines dans chaque bassin orographique.

- L'optimum serait d'au moins un îlot de récolte par bassin orographique, avec plus de 30 semenciers répartis dans un peuplement de taille suffisante.
- Programmer des modalités de récoltes régulières, si possible annuelles en cas de demande soutenue en semences.
- En cas de pénurie de matériel forestier de reproduction (MFR), limiter les transferts de semences aux bassins orographiques voisins, en respectant le zonage en « régions de provenance » défini ci-dessous figure 14.

Planifier les besoins pluriannuels en MFR et les récoltes de graines pour les compléments de régénération et les repeuplements artificiels.

- Privilégier les sources de graines locales.
- Organiser et valoriser les récoltes de graines à l'occasion des coupes.
- Développer une filière de production de plants de provenances locales (grâce à des contrats de culture en pépinière).
- Assurer la traçabilité des MFR de la récolte à la plantation et conserver de manière fiable et pérenne cette information.

3.2.2 • Vers des régions pyrénéennes d'approvisionnement et d'utilisation

Le Pin à crochets ne figurant pas dans la liste française des essences soumises à la réglementation sur la commercialisation des MFR, aucun peuplement porte graines et aucune région de provenance ne sont aujourd'hui identifiés au versant nord des Pyrénées pour les semences forestières de cette espèce.

La préservation des ressources génétiques forestières (RGF) proscrit cependant les transferts de génotypes à longue distance en favorisant au contraire les ressources locales ou proches, c'est à dire issues d'un même bassin orographique ou de bassins voisins appartenant à la même région de provenance (figure 14).

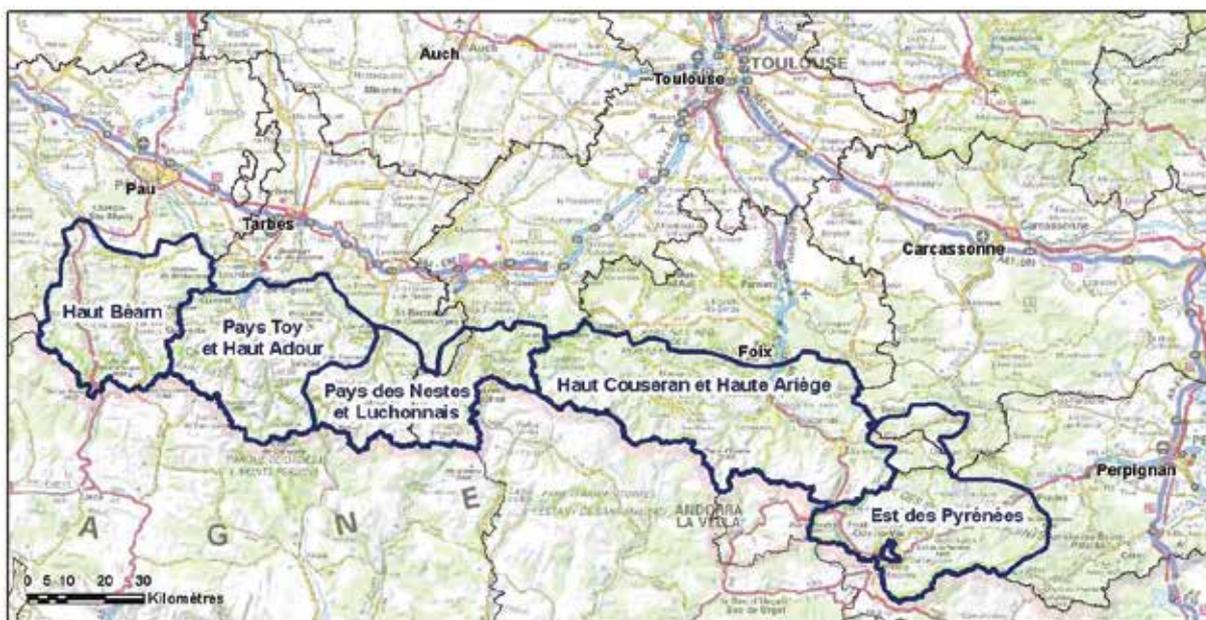


Figure 14 : L'utilisation des MFR devrait s'effectuer à proximité des zones de récolte, en respectant les limites des 5 « régions de provenance » au versant nord des Pyrénées. (Source : Guide de gestion du pin à crochets dans les Pyrénées, 2012).

En pratique, la gestion des matériels forestiers de reproduction doit distinguer le contexte écogénétique du versant nord de la chaîne :

- Les bassins orographiques orientaux des Pyrénées (du Quérigut au Vallespir) présentent à la fois une forte similarité génétique pour la diversité neutre, de très nombreuses populations de grande taille et une hétérogénéité édaphique et climatique.
 - ▶ Les approvisionnements en semences privilégieront les peuplements jouissant de conditions pédoclimatiques similaires aux zones d'utilisation prévues pour ces MFR. Sous ces réserves, des transferts de graines et plants entre bassins orographiques orientaux deviennent possibles.
- Les autres bassins orographiques (Pyrénées centrales et occidentales) se distinguent les uns des autres par un éloignement génétique plus marqué. Les populations de Pin à crochets y sont davantage morcelées et d'effectifs plus réduits que dans la partie orientale de la chaîne, et elles couvrent des gammes de milieux climatiques et stationnels contrastés.
 - ▶ Les bassins d'approvisionnement et d'utilisation devront autant que possible correspondre aux limites des bassins orographiques et les transferts de matériel végétal entre bassins orographiques voisins conserveront un caractère exceptionnel.
 - ▶ Les peuplements retenus comme sources d'approvisionnement en semences et les modalités de récolte devraient respecter le protocole détaillé en annexe 3.

À noter qu'en Espagne, contrairement à la position française, le Pin à crochets figure sur la liste des espèces prioritaires de la *Stratégie espagnole pour la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières*. De ce fait l'essence est inscrite au catalogue national des matériels de base avec détermination de régions de provenance (figure 15) pour la production de matériel forestier de reproduction.

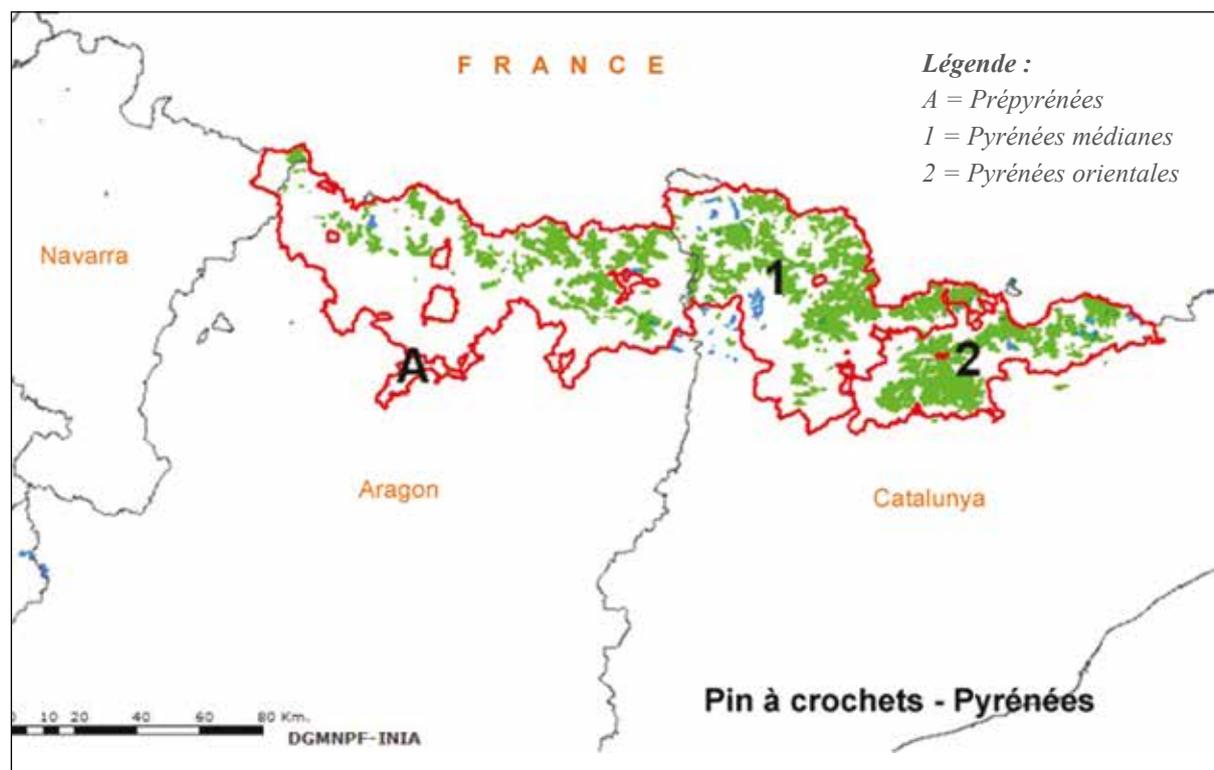


Figure 15 : Le versant sud des Pyrénées offre 3 régions de provenance du matériel forestier de reproduction pour *Pinus uncinata*. (Source : INIA modifié)

3.2.3 • La gestion des peuplements introgressés

La synchronie partielle de la floraison mâle et femelle chez *Pinus uncinata* et *Pinus sylvestris* dans la zone de contact des deux conifères induit une potentialité d'hybridation bilatérale $P. sylvestris \times P. uncinata$ et $P. uncinata \times P. sylvestris$, ainsi que des croisements en retour*, *i.e.* des croisements d'hybrides avec leurs ascendants. On sait que le phénomène s'avère quantitativement limité (faible effectif hybride détecté, moindre production de graines pleines), mais on ignore le taux de survie des descendances maternelles correspondantes et donc la valeur adaptative* des hybrides comparée à celles des espèces parentes.

Quoi qu'il en soit, il est important de disposer d'outils de détection des espèces parentes et des hybrides. Au niveau de la détermination spécifique des adultes, la clé morphotypique de Remaury & Lefèvre demeure des plus utiles (figure 16).

Cette clé est à utiliser systématiquement pour les diagnostics terrains où le statut des Pins sauvages doit être impérativement distingué :

- identification de peuplements porte-graines de Pin sylvestre, Pin à crochets, voire de peuplements incluant des hybrides,
- proposition d'unités conservatoires du réseau génétique *in situ*,
- caractérisation des habitats naturels.

Bien sûr, les techniques de marquage moléculaire peuvent le cas échéant mesurer le degré de pureté spécifique des peuplements adultes, de semis naturels, ou de lots de semences.

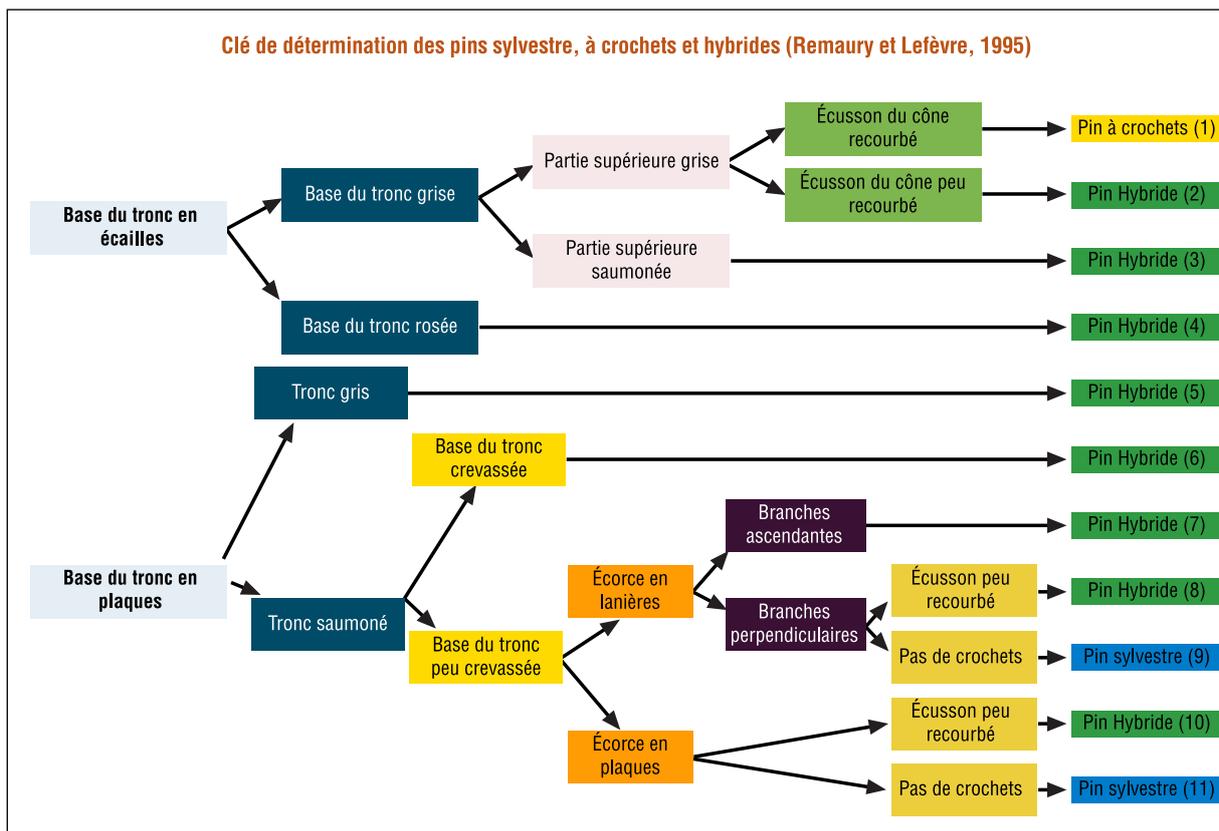


Figure 16 : Fondée sur les caractéristiques du rythidome, de la branchaison et du cône des Pins sauvages, la clé morphotypique permet une distinction pratique entre Pin à crochets, Pin sylvestres, et formes intermédiaires. Source : Guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées (2012), d'après Remaury & Lefèvre (1995).

La gestion des pineraies sauvages ne peut se dispenser d'une préservation des ressources génétiques du complexe d'espèces forestières qui cohabitent sur la chaîne des Pyrénées : Pin à crochets et Pin sylvestre, bien sûr, mais également hybrides rencontrés au niveau de leur zone de contact.

La conservation d'un tel patrimoine écogénétique exceptionnel implique une maîtrise particulière des sources d'approvisionnement en semences forestières, à l'instar des mesures édictées par nos voisins ibériques.

Au-delà s'impose une déontologie d'utilisation de ces ressources afin de ne pas courir le risque d'une érosion de la diversité génétique de nos Pins sauvages.

4 • CONSERVATION ET GESTION DU PIN À CROCHETS PYRÉNÉEN : QUELLES PERSPECTIVES ?

4.1 • Constituer une base de données dédiée aux pineraies naturelles et artificielles

L'enquête « pins sauvages » effectuée dans le cadre de l'opération FEDD 2007-2010 reste à intégrer dans une base de données sous SIG permettant de conserver durablement la mémoire des populations échantillonnées et de valoriser ces ressources génétiques à des fins de reforestation en montagne (régénération artificielle, RTM, piège à neige et brise vent, aménagement paysager, etc.).

Cette BD géoréférencée devrait progressivement s'enrichir d'éléments indispensables à la gestion patrimoniale de ces peuplements sous différents niveaux : les habitats naturels, les peuplements porte-graines et le repérage des peuplements sauvages à préserver de tout risque de pollution génétique.

4.1.1 • La détermination des habitats naturels

La grande diversité des habitats naturels peuplés de Pin à crochets fait l'objet de la 4^e partie de ce dossier. Elle se caractérise par des conditions environnementales très contrastées au niveau des facteurs du climat, de l'altitude, de l'exposition et du substrat, selon les différents sites de l'aire naturelle pyrénéenne.

On assiste en outre à une dynamique de colonisation des espaces délaissés particulièrement rapide dans les estives, surtout flagrante dans les massifs orientaux. Cette dynamique pourrait se trouver accélérée avec la moindre persistance nivale printanière et les tendances au réchauffement climatique aujourd'hui constatées.

4.1.2 • L'identification des peuplements porte graines

L'expérience acquise en Hautes-Pyrénées et Pyrénées-Atlantiques dans le cadre du programme 2005-2008 intitulé « Pour une valorisation des provenances locales de Pins à crochets et sylvestre et de Peuplier noir en Pyrénées occidentales » permet la mise à disposition du gestionnaire de diverses procédures à respecter et de différents formulaires accompagnant l'évaluation des RGF et la récolte de semences.

On trouvera ainsi en annexe :

- le protocole de récolte des cônes de Pins sauvages (annexe 3)
- la fiche d'identification des îlots de récolte (annexe 4).

4.1.3 • Le repérage des pineraies sauvages et des peuplements artificiels

La ressource forestière évaluée par l'Institut de l'information géographique et forestière¹¹ concerne généralement les *formations boisées de production*. Ainsi constate-t-on des lacunes dans la cartographie et la dendrométrie des Pins sauvages en Pyrénées occidentales, où l'intérêt économique de ces essences s'avère moins affirmé que dans les massifs orientaux :

- absence de distinction entre Pin sylvestre et Pin à crochets,
- nulle trace de certains peuplements marginaux qui remplissent cependant un rôle biocénotique majeur (cas de la pineraie oncinée¹² d'Anie, en limite occidentale de l'aire du Pin à crochets).

C'est pourquoi il importe de compléter les données de l'IGN par diverses sources, dont les repérages effectués dans le cadre de l'opération FEDD dédiée aux Pins sauvages :

- enquête *in situ* menée par les agents de l'ONF sur le versant nord des Pyrénées,
- compilation des études naturalistes pour caractérisation des habitats naturels (cf. 4^e partie de ce dossier).

La recension et la cartographie des pineraies sauvages ne présentent un intérêt pour la gestion des RGF que si une attention toute particulière se porte sur deux aspects complémentaires :

- la préservation *in situ* des peuplements sauvages d'une part,
- les boisements artificiels à base de pins de l'autre, s'ils sont *susceptibles à terme d'échanger des gènes avec les populations autochtones* (par le biais de la grande mobilité des diaspores : pollens et graines ailées).

¹¹ IGN, qui a fusionné avec l'Inventaire forestier national en 2012.

¹² Voir en 4^e partie l'originalité de la pineraie du massif karstique d'Anie.

Le référentiel géographique pyrénéen ainsi constitué aurait un double avantage :

- l'identification et la protection d'unités conservatoires *in situ*,
- le pilotage des opérations de boisement en Pins à crochets et sylvestre.

4.2 • Conséquences pratiques en gestion courante

Au terme de cette étude, et malgré les transferts de gènes opérés dès la fin du XIX^e siècle, le Pin à crochets des Pyrénées confirme l'intégrité de son patrimoine génétique. Le caractère sauvage de *pools* géniques largement préservés dans les Pyrénées, ainsi que leur adaptation à une gamme étendue de milieux de montagne, confèrent à cette essence rustique une grande utilité dans le contexte de changement climatique aujourd'hui largement admis par la communauté scientifique.

La sauvegarde et la valorisation de ce patrimoine exceptionnel se trouvent conditionnées par le respect de quelques règles simples en matière de conduite et de régénération des peuplements, en raisonnant les opérations sylvicoles, non pas seulement au niveau de la parcelle ou de la forêt, mais aussi, et surtout, au niveau du massif entier. Vu la facilité de dispersion des pollens et des semences qui caractérise ce conifère d'altitude, il est recommandé de mettre en œuvre une gestion cohérente des RGF à l'échelle de l'ensemble de la chaîne des Pyrénées.

C'est pourquoi on préconise aux Pyrénées la constitution d'une base de données géoréférencées, d'accès facile, permettant une bonne traçabilité des MFR ainsi que la planification des opérations de récolte de cônes, et la production de plants d'origine sécurisée par des contrats de culture adéquats.

Conifère emblématique de la montagne pyrénéenne, le Pin à crochets peut constituer le point d'orgue de la gestion durable et intégrée des ressources génétiques forestières au sein de territoires d'altitude encore peu artificialisés.

L'auteur de la présente synthèse tient à remercier toutes les personnes ayant participé aux différentes phases du programme de recherche coordonné par le CGAF :

- les responsables des réserves naturelles catalanes de Prats de Mollo et Jujols, avec le soutien de Pascal Gaultier,
- E. Sourp (Parc national des Pyrénées) pour les autorisations de prélèvement accordées en zone cœur du PNP ainsi que dans la Réserve naturelle du Néouvielle,
- J.-J. Garcet-Lacoste pour le Béarn,
- S. Peudupin, J.C. Raust, P. Valentin, D. Veneau, R. Daureu, J. Buret, J.-M. Quilès, F. Loustalot-Forest, P.-Y. Subrenat, ainsi que L. Larrieu (CRPF Midi-Pyrénées), pour la Bigorre,
- F. Loustalot-Forest, S. Bernadet, G. Fontan, Mr Lougarre, F. Rachou-Langlatte et G. Aufrère pour le Comminges,
- P. Guillon, D. Destoueix, P. Lagarde, C. Tudon, J.-L. Orliac et M. Kaczmar pour l'Ariège
- A. Parnaudeau, J.-F. Sanche, Mr Goyhenex, D. Micaux, J.-P. Frances et A. Jacquemard pour l'Aude,
- S. Poncy, J. Servat, D. Duverger, B. Kazandjian, L. Angel, M. Torres, J.-P. Hamelin, R. Fadène, M. Guitard, P. Vacher et C. Pires pour les Pyrénées-Orientales,
- B. Lhomel, S. Champetinaud, S. Adeline, B. Favard et V. Guérin (INRA Orléans),
- B. Le Guéroué et A. Valadon (CGAF).

A1 • Lexique

Signification des principaux termes et outils utilisés en génétique forestière¹

ADN (ou DNA)	Acide désoxyribonucléique, macromolécule constituant l'essentiel des chromosomes et support matériel de l'hérédité. La macromolécule d'ADN est constituée de deux filaments polynucléotidiques disposés en hélice, chaque nucléotide se composant d'un sucre, le désoxyribose, d'acide phosphorique, et d'une base azotée A, G, T ou C (adénine, guanine, thymine ou cytosine). La complémentarité des deux brins d'ADN est assurée par les paires de bases (A-T, T-A, G-C, C-G) en correspondance grâce à des liaisons hydrogène. L'ADN se trouve dans le noyau de la cellule, les mitochondries (ADNmt) et les chloroplastes (ADNcp).
Allèle Allélique	Une des formes alternatives d'un même gène, contribuant ainsi à l'expression d'une valeur ou d'un état particulier du caractère codé par ce gène. Un gène monomorphe ne possède qu'un seul allèle par locus, tandis qu'un gène polymorphe en possède plusieurs. Deux critères caractérisent une population : - la richesse allélique , ou moyenne du nombre A d'allèles existants aux différents loci considérés dans une population donnée. La mesure de la richesse en allèle est (A-1) de manière à ce que, dans une population monomorphe, elle soit égale à 0. Un allèle privé est celui qu'on observe au sein d'une seule population ou de populations proches; - la fréquence allélique , paramètre mesurant l'abondance relative des différents allèles au locus considéré dans une population donnée.
Analyse de variance moléculaire (AMOVA)	L'AMOVA est une méthode d'analyse de la variation moléculaire au sein d'un taxon, fondée sur un modèle hiérarchique ou imbriqué. Elle diffère en 2 points de l'analyse de variance classique : - possibilité de prendre en compte différentes hypothèses évolutives sans modifier la structure de base de l'analyse ; - utilisation de méthodes de permutation ne nécessitant pas l'hypothèse d'une distribution normale.
Autochtone	Se dit d'un taxon ou d'une population de son aire naturelle, i.e. non issu d'introduction par l'homme (contraire : allochtone).
Dérive génétique	Changement aléatoire des fréquences alléliques, d'une génération à la suivante, au sein de petites populations, à cause du faible effectif reproducteur. La dérive génétique tend à une réduction du polymorphisme et à la perte de certains génotypes.
Différenciation génétique	Part de la diversité génétique distribuée entre les populations par rapport à la diversité totale (le complément estime alors la diversité intra-population).
Distance génétique (entre génotypes)	Degré d'homologie (donc de parenté) entre génotypes (ou ensembles de génotypes) permettant de comparer (différenciation, similarité) les unités taxonomiques prises deux à deux. La distance génétique entre 2 échantillons s'exprime par la proportion d'éléments génétiques (e.g. génotypes) qu'ils n'ont pas en commun ($D = 1$ si et seulement si les 2 échantillons n'ont aucun élément génétique en commun). Un des outils utilisés pour ce critère est la matrice des identités génétiques I de Nei , avec $D = -\log I$. Une distance nulle correspond à une identité génétique parfaite ($I = 1$).
Diversité génétique	Selon A. Kremer (1994) : le polymorphisme des marqueurs moléculaires sera appelé diversité génétique par opposition à celui des caractères phénotypiques appelé variabilité génétique. Au sens de Nei (= hétérozygotie espérée He) : fréquence moyenne des hétérozygotes (individus possédant sur chaque chromosome homologue un allèle différent d'un même gène) observée à chacun des loci étudiés.
Diversité neutre	Ensemble des caractères dont les états possèdent la même valeur adaptative, i.e. dont le polymorphisme n'est pas influencé par des facteurs adaptatifs (sélection naturelle, altitude...).
Empreinte génétique	Caractérisation de régions très polymorphes du génome permettant la distinction d'individus au sein d'une population et la détermination de liens de parenté (e.g. test de paternité au moyen de marqueurs chloroplastiques).
Gène	Information produite par une séquence particulière de nucléotides contenue dans une portion d'ADN. Les allèles d'un gène diffèrent entre eux par de légères variations de leur séquence nucléotidique.
Génotypage	Caractérisation du génotype d'un individu au moyen de marqueurs génétiques.

¹ Sources principales : Valadon A. 2009 — *Effets des interventions sylvicoles sur la diversité génétique des arbres forestiers : Analyse bibliographique. Office national des forêts-Conservatoire génétique des arbres forestiers-Commission nationale des ressources génétiques forestières. ONF, Collection dossiers forestiers, n° 21, 158 p.*
Sites Internet : <http://www.takween.com> ; <http://www.biotech-ecolo.net> ; <http://www.biodiversityinternational.org>

Génotype	Ensemble des gènes à l'origine d'un caractère héréditaire (exprimé ou latent) s'exprimant dans un environnement donné par le phénotype. Désigne également l'ensemble des caractères héréditaires propres à un individu.
Haploïde	Caractéristique génétique d'une entité présentant un seul exemplaire de chaque chromosome. Les génomes extranucléaires sont haploïdes et présentent le nombre <i>n</i> des chromosomes du gamète, transmis par le parent mâle chez les chloroplastes (hérédité paternelle), ou le parent femelle chez les mitochondries (hérédité maternelle) des conifères. Diversité haploïde : diversité allélique de l'ADN d'une entité haploïde, ici le chloroplaste, exprimée par un indice <i>uh</i> , corrigé des effets d'effectifs, compris entre 0 et 1.
Haplotype (contraction de Haploid genotype)	Empreinte haploïde individuelle (génotype défini le plus souvent d'après l'ADN chloroplastique ou mitochondrial) obtenue à partir d'un marqueur moléculaire (haplotype monolocus) ou bien d'un ensemble de marqueurs moléculaires (haplotype multilocus) testé sur une entité haploïde. Diversité haplotypique : diversité des haplotypes d'un taxon, exprimée par un indice <i>Uh</i> , corrigé des effets d'effectifs, compris entre 0 et 1.
Introgression	Incorporation de gènes d'une espèce dans le génome d'une autre espèce proche par hybridation interspécifique accompagnée de croisements en retour. Le croisement en retour ou rétrocroisement (back-cross) désigne ici le croisement des individus hybrides avec les parents.
Locus (pluriel : locus ou loci)	Pour un gène, emplacement physique précis de ses allèles sur l'ADN, repéré par une unité de longueur fondée sur le nombre de paires de bases complémentaires qui composent ces allèles. L'unité de mesure la plus couramment utilisée est la kilobase. 1 kb = masse moléculaire d'acide nucléique correspondant à une molécule double brin de 1 000 paires de bases (ou à 1 000 bases pour un acide monocaténaire).
Marqueur génétique	Séquence d'ADN support d'un caractère héréditaire apte à identifier le génotype de l'individu et à repérer la position des gènes responsables. Parmi les marqueurs les plus fiables on distingue couramment : - les marqueurs biochimiques , composés métaboliques (terpènes, polyphénols, protéines) dont la synthèse et le dosage sont sous contrôle génétique; - les marqueurs moléculaires , qui illustrent le polymorphisme de l'ADN du noyau cellulaire (marqueurs nucléaires), des chloroplastes (marqueurs chloroplastiques) ou des mitochondries (marqueurs mitochondriaux). Il existe plusieurs techniques de marquage moléculaire permettant de révéler le polymorphisme de fragments d'ADN cellulaires, entre autres le RFLP (restriction fragment length polymorphism), et l' AFLP (amplified fragment length polymorphism).
Métapopulation	Ensemble de populations locales (ou dèmes) d'une même espèce liées par des flux de gènes et caractérisées par des processus d'extinction et de recolonisation locales.
Microsatellite	Portion très polymorphe de la chaîne d'ADN constituée de répétitions de motifs composés de 1 à 4 nucléotides (notés par leurs bases A, G, T, et C).
Morphotype	Type distingué selon des critères phénotypiques immédiatement accessibles : forme, vigueur, branchaison, couleur, etc.
Phénotype	Caractère observable, qualitatif ou quantitatif, (moléculaire, morphologique, biologique ou physiologique) résultant des effets conjugués du génotype et du milieu. Désigne également l'expression dans un milieu donné de l'ensemble des caractères d'un individu.
Polymorphisme	Variabilité d'origine génétique, observée dans une population, due à la présence en un même locus de plusieurs allèles codant des protéines différentes (ou mieux : des polypeptides différents). Plutôt que d'observer les produits générés par le polymorphisme, les techniques modernes d'analyse génomique consistent à manipuler <i>in vitro</i> une séquence donnée d'ADN après amplification par réaction de polymérisation en chaîne (PCR) et césure grâce à des enzymes particulières, les endonucléases ou enzymes de restriction. Ces dernières possèdent chacune la capacité de reconnaître spécifiquement une courte séquence de nucléotides et d'opérer une coupure du double brin d'ADN en un site dit « de restriction ». Cette technique provoque un polymorphisme de taille des fragments de restriction (RFLP) pouvant servir de marqueur génétique. La taille des fragments est alors exprimée en nombre de paires de bases. Par extension on parle souvent de taille allélique en un locus donné pour désigner la taille des fragments d'ADN qui différencient les allèles d'un même gène.
Taxon (pluriel : taxons ou taxa)	Unité systématique identifiée sur des bases génotypiques (on parle de phénon lorsque les critères de détermination sont uniquement phénotypiques).
Valeur adaptative (= valeur sélective ou <i>fitness</i>)	Nombre de descendants viables et fertiles produit en moyenne par un génotype à la génération suivante, pouvant se traduire par la formule : Valeur adaptative = survie × fertilité.

A2 • Répartition géographique des 17 sites de Pin à crochets retenus pour l'échantillonnage de la diversité pyrénéenne

Département	Commune	Longitude	Latitude	Région IFN	Bassin orographique	Population	Forêt	Identifiant	Altitude (m)	Exposition
Haut Béarn (Barétous, Aspe, Ossau, Ouzom)										
64	Arette	00° 44' 08" W	42° 58' 21" N	Front Pyrénéen	BV 6 Aspe-Barétous	Anie	FDtale La Pierre St Martin	Anie	1750-1900	NE
64	Laruns	00° 28' 13" W	42° 50' 12" N	Haute Chaîne	BV 5 Ossau	Peyreget	FS Haut Ossau	Peyr	1650-1750	NW
Haut Gave de Pau, Pays Toy et Haut Adour (Azun, Cauterets, Gavarnie, Bastan, Haut Adour)										
65	Bagnères de Bigorre	00° 12' 10" E	42° 52' 52" N	Haute Chaîne	BV 1 Haut Adour	Caderolles	Tusset	Tuss	1700-2000	NE
65	Gavarnie	00° 00' 40" E	42° 42' 34" N	Haute Chaîne	BV 2 Pays Toy	Gavarnie	FS Vallée Barèges	Gava	1430-1550	N
Pays des Nestes et Luchonnais (Aure, Louron, Oueil, Larboust, Lys, Pique)										
65	Saint-Lary Soulan	00° 19' 29" E	42° 44' 33" N	Haute Chaîne	BV 3 Pays des Nestes	Rioumajou	FS St Lary Sailhan	Riou	2200-2400	SW
31	Oo	00° 29' 36" E	42° 43' 52" N	Haute Chaîne	BV 4 Luchonnais	Oo	Oo	Oo	2000-2100	NE
Haut Couserans et Haute Ariège (Lez, Salat, Vicdessos, Ariège)										
09	Le Port	00° 23' 30" E	42° 48' 16" N	Front Pyrénéen	BV 7 Salat	Lhers	Massat le Port	Lhers	1300-1350	N
09	Prades	01° 51' 40" E	42° 47' 42" N	Pays de Sault	BV 9 Pays de Sault	Prades	FD Prades	Prad	1620-1720	N-NE
Est des Pyrénées (Pays de Sault, Quérigut, Capcir, Cerdagne, Conflent, Canigou, Vallespir)										
11	Le Bousquet	02° 11' 15" E	42° 41' 06" N	Pays de Sault	BV 8 Aude	Montnaie	FD Montnaie- Gravas	Grav	1750-1880	NW
66	Bolquère	02° 02' 37" E	42° 32' 06" N	Cerdagne	BV 8 Capcir	Bolquère	FC Bolquère	Bolq	1650-1950	N-NE
66	Réal	00° 08' 45" E	42° 37' 48" N	Capcir	BV 8 Capcir	Réal-Odeillo	FC Villeneuve	Réal	1800	W
66	Osséja	02° 01' 22" E	42° 22' 23" N	Cerdagne	BV 10 Cerdagne	Osséja	FC Osséja	Osse	1900-1950	NE
66	Ayguatébia -Tatau	02° 12' 12" E	42° 32' 09" N	Conflent	BV 10 Haut Conflent	Llançades	FD Llançades	Llan	1630-1700	NE
66	Taurinya	02° 27' 57" E	42° 31' 59" N	Conflent	BV 11 Haut Conflent	Canigou A	FD Canigou (adultes)	CanA	2100-2150	N
66	Taurinya	02° 27' 57" E	42° 31' 59" N	Conflent	BV 11 Haut Conflent	Canigou R	FD Canigou (régénération)	CanR	2150	N
66	Prats de Mollo	02° 23' 07" E	42° 25' 57" N	Vallespir	BV 11 Vallespir	Vall-Fourquets	FD Haut Vallespir (Prats)	HtV1	1750-1830	NE
66	Prats de Mollo	02° 30' 32" E	42° 27' 57" N	Vallespir	BV 11 Vallespir	Vall-Riuferrier	FD Haut Vallespir (Corsavy)	HtV2	1600-1650	E-NE

A3 • Protocole de récolte des cônes de Pins sauvages

Pinus silvestris L. et *Pinus uncinata* Ram.

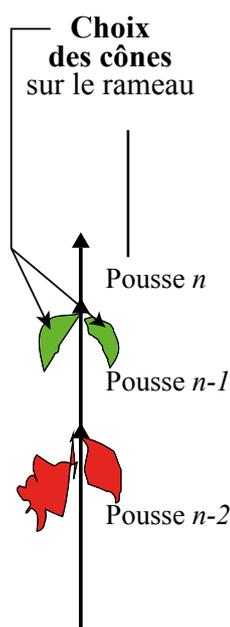
L'échantillonnage de la variabilité naturelle de chaque population nécessite d'impérativement respecter deux précautions simultanées : un effectif suffisant de cônes récoltés et un prélèvement équilibré entre les semenciers.

- récolte plancher sur un îlot de pineraie :
 - **300 cônes sur 30 semenciers** non contigus
 - **respecter un espacement de 50 mètres entre chaque semenciers**
- choix des semenciers :
 - arbres adultes bien pourvus en cônes
 - éviter les très gros bois (production séminale déficiente)
 - **récolter minimum 10 cônes par semencier**
 - **arbres vigoureux** **quelle que soit leur forme** (boisements de protection)
ou bien sujets de belle venue (boisements de production)

Effectuer le repérage des arbres récoltés

- marquage des semenciers :
 - repérer et numéroter les arbres-mères
- lots destinés au génotypage :
 - conserver l'identité de chaque semencier pour chacun des lots de cônes (puis de graines)

Conditions standard de récolte et de traitement des lots



- Fiche ressource graines :
 - Pour chaque îlot de récolte, la fiche d'identification est établie et renseignée au fur et à mesure des récoltes par la **notation du niveau de fructification**
- choix des cônes :
 - **cônes mûrs** (situés à la base de la pousse de l'année n), bien développés (attention à ne pas prélever de cônes plus anciens, beige à gris terne, qui peuvent s'être refermés après libération des graines)
- période de récolte :
 - fin d'**automne** ou début d'hiver pour le Pin à crochets (la déhiscence des cônes intervient en effet dès le sol couvert de neige, par temps bien ensoleillé)
 - idem pour le Pin sylvestre
- conditionnement des cônes :
 - **en sacs – filets ou papier kraft** (ne pas conserver les cônes humides en sachet plastique afin de minimiser le développement de moisissures)
 - ne pas les soumettre à la dessiccation si l'on veut éviter la déhiscence des cônes et la libération des graines
 - **apposer une étiquette d'identification** de chaque lot de cônes (provenance, îlot de récolte)
- expédition de la récolte :
 - collecter les sacs étiquetés pour expédition groupée à la **sécherie de La Joux**.

Cas particulier des lots destinés au génotypage

- individualiser la récolte :
 - Les lots de cônes ne doivent pas être mélangés au sein d'un îlot de récolte, pour permettre l'analyse de sa variabilité individuelle.
- conditionnement des cônes :
 - **en sachet papier kraft**
 - Pour chaque semencier, le sac de cônes doit comporter l'indication, au surplus de la provenance et de l'îlot, du **numéro de l'arbre-mère**.
- expédition de la récolte :
 - Les sacs ainsi identifiés sont à expédier au CGAF pour analyse de la diversité génétique.

A4 • Fiche d'identification des îlots de récoltes

Pins à crochets/Pin sylvestre

OBSERVATEUR (S) : **Date :**

VALLÉE : **PROVENANCE* :**

*mentionner le bassin orographique B1 : Haut-Adour, B2 : Gave de Pau, B3 : Nestes, B4 : Comminges, B5 : Ossau, B6 : Aspe & Barétous, B7 : Couserans, B8 : Quérigut & Capcir, B9 : Ariège, B10 : Haut-Conflent & Cerdagne, B11 : Canigou et Vallespir

LOCALISATION : Département : **ACCESSIBILITÉ**

Territoire communal :

Propriétaire :

Gestionnaire :

Nom de la forêt :

Identification de l'îlot de récolte :

Nom de l'îlot N° département Initiale essence N° ordre par ess.

Ex. : Cayan 65 PX 01 (Pin hybride)
Barrès 66 PS 01 (Pin sylvestre)
Peyreget 64 PU 01 (Pin à crochets)

DONNÉES STATIONNELLES

Situation topographique (indiquer d'une flèche)



Altitude (m) Z :

Coordonnées Lambert 2 étendu X : Y :

Surface de l'îlot (ha)

Exposition

Pentes (degrés ou %)

Observation

Composition de l'îlot*	Consistance*	Environnement géomorphologique*
Pineraie P. sylvestre pure (PS)	Pineraie fermée ou ouverte	Pineraie de lapiaz dénudé
Pineraie P. à crochets pure (PU)	Pineraie clairière (en agrégats)	Pineraie de soulane rocailleuse
Pineraie mixte (PX)	Bosquet	Pineraie sur dalles calcaires
Pineraie mélangée feuillus-conifères	Peuplement linéaire	Pineraie pionnière d'éboulis granitique
Pré-bois	Landine boisée	Autre type :

*rayer les mentions inutiles

DYNAMIQUE* : Jeune futaie diffuse **Observation**

Futaie vieillie à faible renouvellement

Pineraie de conquête

Futaie adulte en voie de densification

CARACTERISTIQUE PHYTOCENOTIQUE : (Corine biotope/Cahiers d'habitats/Phytosociologie)

NIVEAU DE FRUCTIFICATION

Date d'observation						
Abondance 0 = très faible à nulle 1 = moyenne 2 = élevée						
Répartition 0 = rares semenciers 1 = régulière 2 = générale						
Potentialité de récolte (nulle à excellente)						
% d'arbre producteur 0 = très peu – moins de 10 % 1 = moyen – de 10 à 50 % 2 = fort – plus de 50 %						

Récolte de cônes

Nombre de cônes récoltés par semencier identifié sur le terrain

Sécherie : lot moyen par provenance destiné à la commercialisation

CGAF : lots individualisés destinés au génotypage par le Conservatoire Génétique des Arbres Forestiers

Année									Observations
Date									
N° semencier	CGAF	Sécherie	CGAF	Sécherie	CGAF	Sécherie	CGAF	Sécherie	
1		R É C O L T E n H E C T O L I T R E S							
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
Autres									
Total cônes									
Nombre de sacs									

Équipe chargée de la récolte :

Date et signature du responsable :

PJ : plan de situation 1 : 10 000



BIBLIOGRAPHIE 3^e PARTIE

- Bartoli M. 1999 – Quand les gènes vont et viennent, l'introgression entre le Pin sylvestre et le Pin à crochets. *La Garance Voyageuse*, **46** : 31-34.
- Bartoli M. & Demesure-Musch B. 2003 – Plus d'un siècle d'intervention humaine dans les flux des gènes des Pins à crochets et Sapins français. *Rev. For. Fr.* **LV (6)** : 543-556.
- Bodin J. 2002 – *Les Pins de la Tourbière du Pinet ; des Hybrides datant de la dernière glaciation, ou des Pins à Crochets plantés par l'Homme au siècle dernier ?* MST Chimie et Biologie Végétales, Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes, INRA Avignon, 34 p. + annexes.
- Bouchet G. 2007 – *L'hybridation entre Pinus sylvestris L. (Pin sylvestre) et Pinus uncinata Ram. (Pin à crochets) dans les Pyrénées françaises : importance du phénomène et rôle du synchronisme de floraison en conditions naturelles.* Mémoire de fin d'études, ENITA Bordeaux.
- Cantegrel R. 1983 – Le Pin à crochets pyrénéen : Biologie, Biochimie, Sylviculture. *Acta biol. mont.* **2-3**, Dendaletche Ed., *Biocénoses d'altitude (1)* : 87-330.
- Cantegrel R. 1984a – Contribution à l'étude de la variabilité biologique et biochimique du pin à crochets (*Pinus uncinata* Ram.) dans les Pyrénées. *Ann. Sci. For.* **41 (3)** : 273-302.
- Cantegrel R. 1984b – Suggestions pour la protection biologique des races forestières locales dans les Pyrénées. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, Tome 55, Fasc. **2** : 201-210.
- Cantegrel R. 1989 – La régénération du Pin à crochets à sa limite occidentale : première approche cartographique (Massif d'Anie ; Pyrénées). *Acta biol. mont.*, Dendaletche Ed., *Biocénoses d'altitude (3)* : 169-178.
- Cantegrel R. 1999 – Esquisse biographique d'un conifère oropyrénéen : *Pinus uncinata* Ramond. *Les feuilles du Pin à crochets*, Ed. du Pin à crochets, Pau., **(1)** : 5-12.
- Cantegrel R. 2010 – La rupisylve karstique du massif d'Anie : un peuplement original de Pin à crochets dans les Pyrénées occidentales, in *Le karst, indicateur performant des environnements passés et actuels. Journées de l'Association Française de Karstologie, Actes du colloque Arette - La Pierre-St Martin, 6-9 septembre 2007, Karstologia Mémoires n° 17* : 140-145.
- Cantegrel R. 2012 – Les pins sauvages emblématiques des Pyrénées (*Pinus sylvestris* L. et *Pinus uncinata* Ram.) : chronique d'un itinéraire botanique et biogéographique. *Quae Ed. sur symposcience.org*, 12 p.
- Dzialuk A., Muchewicz E., Borantynski A. et al. 2009 – Genetic variation of *Pinus uncinata* (Pinaceae) in the Pyrenees determined with cpSSR markers. *Plant Systematics and Evolution.* **277** : 197-205.
- Gausson H. 1923-1927 – Le Pin à crochets dans les Pyrénées, *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 1^{er} art. 1923, t. **LI** : 581-600 ; 2^e art. 1925, t. **LIII** : 150-159 ; 3^e art. 1927, t. **LV** : 208-230.
- Lauranson-Broyer J. & Lebreton Ph. 1993 – Flavonoids and Morphological traits of Needles, as Markers of Naturel Hybridization between *Pinus uncinata* Ram. and *Pinus sylvestris* L.. *Biochem. Syst. Ecol.*, Vol. 21 **(2)** : 241-247.
- Malaval S. et al. 2009 – Combined definition of seed transfer guidelines for ecological restoration in the french Pyrenees. *Applied Vegetation Sciences* 2010, **13** : 113-124.
- Marcysiak K. 2004 – Interpopulational variability of *Pinus uncinata* Ramond ex DC. in Lam. & DC. (Pinaceae) cone characters. *Dendrobiology*, vol. **51** : 43-51.
- Marcysiak K. & Boratyński A. 2007 – Contribution to the taxonomy of *Pinus uncinata* (Pinaceae) based on cone characters. *Pl. Syst. Evol.* **264** : 57-73.
- Provan J., Soranzo N., Wilson NJ., McNicol JW., Forrest GL., Cottrell J., Powell W. 1998 – Gene-pool variation in Caledonian and European Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) revealed by chloroplast simple-sequence repeats. *Proc. R. Soc. Lond.* **265** : 1 697-1 705.
- Remaury M. & Lefèvre A.C. 1995 – Etude sur le Pin de Bouget. Hybride entre le Pin sylvestre et le Pin à crochets. Synthèse bibliographique - Caractérisation du Pin de Bouget - Clé de détermination, 17 p.
- Soto A. et al. 2010 – Climatic niche and neutral genetic diversity of the six Iberian pine species : a retrospective and prospective view. *Molecular Ecology* **19** : 1 396-1 409.
- Valadon A. et al. 2007, 2008, 2009 – *Évaluation patrimoniale des populations de pins sauvages aux Pyrénées.* Rapports techniques ONF-CGAF-INRA-CBP. FEDD 2007, 21 p. ; FEDD 2008, 27 p. ; FEDD 2009, 43 p.
- Valadon A. 2009 – *Effets des interventions sylvicoles sur la diversité génétique des arbres forestiers : Analyse bibliographique.* Office national des forêts-Conservatoire génétiques des arbres forestiers-Commission nationales des ressources génétiques forestières. ONF, Collection dossiers forestiers, n° 21, 158 p.

4^e PARTIE

***LES HABITATS PYRÉNÉENS DU PIN
À CROCHETS ET LES STATIONS
FORESTIÈRES : NATURELLEMENT
CONTRASTÉS***

1 • PANORAMA DES HABITATS NATURELS

Florence Loustalot-Forest

*Office national des forêts, Bureau d'études Pyrénées occidentales, Centre Kennedy, Rue Jean Loup Chrétien,
65000 TARBES (florence.loustalot-forest@onf.fr)*

avec la contribution de

Christophe Chauliac*, Delphine Fallour-Rubio et Mickael Kaczmar*****

**ONF, Bureau d'études Pyrénées occidentales (christophe.chauliac@onf.fr)*

***ONF, Bureau d'études des Pyrénées centrales (delphine.fallour-rubio@onf.fr)*

****ONF, Agence interdépartementale Ariège - Haute-Garonne - Gers,
Unité territoriale Haute Ariège – Donezan (mickael.kaczmar@onf.fr)*

Remerciements

*à Gilles Corriol du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées,
pour son aimable relecture*

1.1 • Contexte de la description des habitats : méthodologie et limites

Au sens de la directive 92/43/CEE (ou directive européenne « Habitat Faune Flore »), on entend par l'expression « habitats naturels » des zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles. Certains de ces habitats, dont ceux qui figurent ou sont susceptibles de figurer à l'annexe I de la directive, sont dits « d'intérêt communautaire » : sur le territoire européen ils sont en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle, ont une aire de répartition naturelle réduite, ou constituent des exemples remarquables caractéristiques des régions biogéographiques européennes (source : directive 92/43/CEE).

La caractérisation des milieux naturels par leur végétation et leurs conditions écologiques particulières (géologie, sol, relief, etc.) constitue ainsi la base indispensable pour leur prise en compte dans les programmes de gestion et de conservation.

L'ensemble de ces milieux naturels présents sur le territoire européen ont été listés et rassemblés dans une typologie européenne appelée « Corine Biotopes » (Bissardon & Guibal, 1997). Cette typologie reste basée sur l'étude des espèces végétales caractéristiques d'un milieu et des associations existantes entre elles : la phytosociologie. Néanmoins, la nomenclature Corine biotopes reste souvent mal adaptée à un rattachement phytosociologique précis, par rapport à la diversité des écosystèmes et de leurs caractéristiques rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, une autre typologie européenne, le *Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne* ou « Manuel EUR 15 », devenu depuis la Nomenclature EUR 27, puis EUNIS, reprend les habitats dits d'intérêt communautaire et prioritaire. Ces habitats sont décrits dans les Cahiers d'habitats (MNHN, collectif, 2001).

Dans certains documents d'objectifs (documents de gestion des sites Natura 2000), les habitats sont caractérisés phytosociologiquement (classification phytosociologique sigmatiste) en suivant le référentiel du Prodrôme de la végétation de France (Bardat *et al.*, 2001) qui présente la déclinaison phytosociologique des communautés végétales décrites en France, jusqu'au niveau « Alliance ». Les Conservatoires Botaniques jouent un rôle important dans la déclinaison des classifications phytosociologiques des habitats naturels en proposant aux opérateurs des sites Natura 2000 des clefs d'identification par grands types d'habitats, basées sur l'étude de la bibliographie des syntaxons phytosociologiques, et l'analyse des relevés de terrain réalisés lors des inventaires diagnostics pour les documents d'objectifs.

Le dernier ouvrage sur la classification des habitats forestiers (Gégout *et al.*, 2008) reprend les différentes classifications. Il se base sur l'analyse de relevés floristiques et la classification phytosociologique pour caractériser les types d'habitats forestiers français, qu'ils relèvent ou non de la directive 92/43/CEE.

Ces différents référentiels, s'ils restent la base commune de la description des habitats naturels dans les documents d'objectifs, et par extension, dans d'autres documents de gestion conservatoire, ont donné lieu à des interprétations et des méthodologies différentes selon les régions pour les cartographies réalisées dans les sites Natura 2000. Ainsi, si l'on s'attache uniquement à relever les codes Natura 2000 (Corine ou EUR15) mentionnés dans les cartographies d'habitats, on risque parfois de se retrouver avec une donnée insuffisante pour caractériser la diversité des types d'habitats qui représentent le panel des forêts de Pin à crochets à l'échelle des Pyrénées.

1.2 • Rattachement aux classifications existantes : état des connaissances

Les habitats naturels du Pin à crochets présentent comme caractéristique commune une position altitudinale au niveau du subalpin, et des conditions topographiques de sol, d'exposition et d'ensoleillement extrême associés à cet étage de végétation. Les séries du Pin à crochets sont ainsi classées dans la carte des végétations de France de 1 700 à 2 200 m d'altitude (avec des différences, en plus ou en moins, d'une centaine de mètres entre les versants sud et nord) (Dupias, 1985). La nature du substrat varie selon les secteurs, et l'on rencontre des pinèdes aussi bien sur calcaire que sur des sols siliceux, dont les substrats granitiques. Les autres essences étant le plus souvent exclues de ces étages de végétation, le Pin à crochets se retrouve généralement en peuplement quasi pur, à l'exception des limites de répartition aux altitudes inférieures (étage montagnard supérieur) où il peut se retrouver en mélange avec des peuplements feuillus (Hêtre principalement, et ceinture altimontaine à bouleaux et sorbiers), et résineux (Sapin, en situation fraîche, Pin sylvestre sur les stations les plus sèches).

Sa présence d'est en ouest tout le long de la chaîne des Pyrénées, avec cependant une densité plus importante à l'est, reflète une bonne tolérance aux variations climatiques et édaphiques, ce qui induit une diversité des cortèges floristiques associés, et se traduit par l'individualisation de 3 séries évolutives pouvant conduire à la forêt climacique de Pin à crochets à l'étage subalpin (Dupias, 1985) :

- Série du Pin à crochets et du Rhododendron.
- Série acidiphile du Pin à crochets, du Génévrier nain et du Raisin d'ours.
- Série calcicole du Pin à crochets et du Raisin d'ours.

En pratique, les formations rencontrées sont de structures très hétérogènes avec des arbres mal conformés en cas de contraintes stationnelles extrêmes (sécheresse, vents, reptation de la neige...), et parfois très clairiérées au point qu'il est difficile d'envisager de les rattacher à des habitats forestiers *sensu stricto*. Ainsi, les complexes d'habitats naturels avec des groupements de landes ou de pelouses d'altitude, dont les formations à Pin à crochets peuvent constituer un faciès, et les zones de mélange dynamique avec d'autres formations forestières, restent souvent la norme pour décrire les pinèdes à crochets des Pyrénées. C'est le cas avec les sapinières acides, et avec les peuplements de Pin sylvestre, qui peuvent se rencontrer en contact avec les peuplements de Pin à crochets en altitude, selon l'exposition et la nature du sol. Les pinèdes à crochets stationnelles et climaciques constituent en général des habitats rares et souvent très localisés.

Enfin, la gestion forestière et surtout pastorale dans les zones de limites d'estives sont des facteurs d'influence importants sur la structuration, la dynamique et la composition floristique de ces habitats.



Photo 1 : Recolonisation des pins à crochets sur des landes d'altitude (massif du Néouvielle) - (F. Loustalot-Forest ONF)

Classification synthétique des formations de Pin à crochets sur le versant français des Pyrénées

D'après le *Prodrome des végétations de France* (Bardat *et al.*, 2001) et le référentiel des habitats forestiers de la France tempérée (Gégout *et al.*, 2008), les habitats naturels de Pins de montagne sont répartis dans plusieurs Classes et Alliances, qui s'individualisent jusqu'à l'échelle de l'Association, représentant soit des formations à Pin à crochets dominant, soit des formations mélangées de Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ramond ex DC.) et Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.), avec le plus souvent des individus hybrides (*Pinus x rhaetica* Brügger, 1864, ou Pin de Bouget) des deux espèces au sein de ces peuplements. Les rattachements syntaxonomiques proposés (associations et sous associations) sont réalisés de façon pragmatique à partir des classifications existantes et de la bibliographie, sans révision syntaxonomique de fond. Ainsi, des clarifications restent à apporter sur certains points.

Classe : ERICO CARNEAE-PINETEA SYLVESTRIS Horvat 1959

Ordre : *Buxo sempervirentis-Pinetalia sylvestris* Rameau 1998

Alliance : *Cephalanthero rubrae-Pinion sylvestris* Vanden Berghen 1963

Association : *Polygalo calcarae-Pinetum sylvestris* (Vigo 1974) Rivas-Martinez 1983

Classe : VACCINIO MYRTILLI-PICEETEA ABIETIS Braun-Blanq. in Braun-Blanq., G. Sissingh & Vlieger 1939

Ordre : *Pinetalia sylvestris* Oberd. 1957

Alliance : *Cytision oromediterranei* Tüxen in Tüxen & Oberd. 1958 *corr.* Rivas Mart. 1987

Sous Alliance : *Cytiso oromediterranei-Pinion sylvestris* Rameau *suball. prov.*

Association : *Veronico officinalis-Pinetum sylvestris* Rivas-Martinez 1968

Sous Association : *pinetosum uncinatae* Rivas-Martinez 1968

Classe : LOISELEURIO PROCUMBENTIS-VACCINIETEA MICROPHYLLI Egger ex Schubert 1960

Ordre : *Rhododendro ferruginei-Vaccinietalia microphylli* Braun-Blanq. in Braun-Blanq. & H.Jenny 1926

Alliance : *Rhododendro ferruginei-Vaccinion myrtilli* A.Schnyd. 1930

Association : *Rhododendro ferruginei-Pinetum uncinatae* Rivas-Martinez 1968

Alliance : *Juniperion nanae* Braun-Blanq. in Braun-Blanq., G.Sissingh & Vlieger 1939

Association : *Arctostaphylo uvae-ursi-Pinetum uncinatae* Rivas-Martinez 1968

Sous Association : *rhamnetosum alpinae* Rivas-Martinez *et al.* 1991

Synthèse des correspondances possibles avec les typologies européennes (Corine Biotope et Cahiers d'habitats)

Syntaxon	Intitulé	Code Corine Biotope	Code Cahiers d'habitats
<i>Polygalo calcarae-Pinetum sylvestris</i> (Vigo 1974) Rivas-Martinez 1983	Forêts mésophiles calcicoles pyrénéennes de Pin sylvestre	42.561	NC
		42.425 (forme à Pin à crochets dominant)	9430-5*
<i>Veronico officinalis-Pinetum sylvestris</i> Rivas-Martinez 1968 <i>typicum</i> et <i>pinetosum uncinatae</i> Rivas-Martinez 1968	Forêts acidiphiles de Pins de montagne à Véronique	42-5B1 p.p.	NC
		42.4241 p.p. (forme à Pin à crochets dominant)	9430-11*
<i>Rhododendro ferruginei-Pinetum uncinatae</i> Rivas-Martinez 1968	Forêts pyrénéennes de Pins de montagne à Rhododendron ferrugineux	42.413	9430-12*
<i>Arctostaphylo uvae-ursi-Pinetum uncinatae</i> Rivas-Martinez 1968 <i>typicum</i> et <i>rhamnetosum alpinae</i> Rivas-Martinez <i>et al.</i> 1991	Forêts pyrénéennes de Pins de montagne à Raisin d'ours	42.4242	9430-8*

* = Habitat prioritaire

NC = Habitat non communautaire

1.3 • Description des habitats naturels

La caractérisation des habitats du Pin à crochets s'appuie ici sur une clef simplifiée (figure 1) dont l'entrée s'effectue d'abord par étage bioclimatique, puis par substrat, et enfin selon que le peuplement subalpin se trouve en versant d'ombrée ou de soulane.

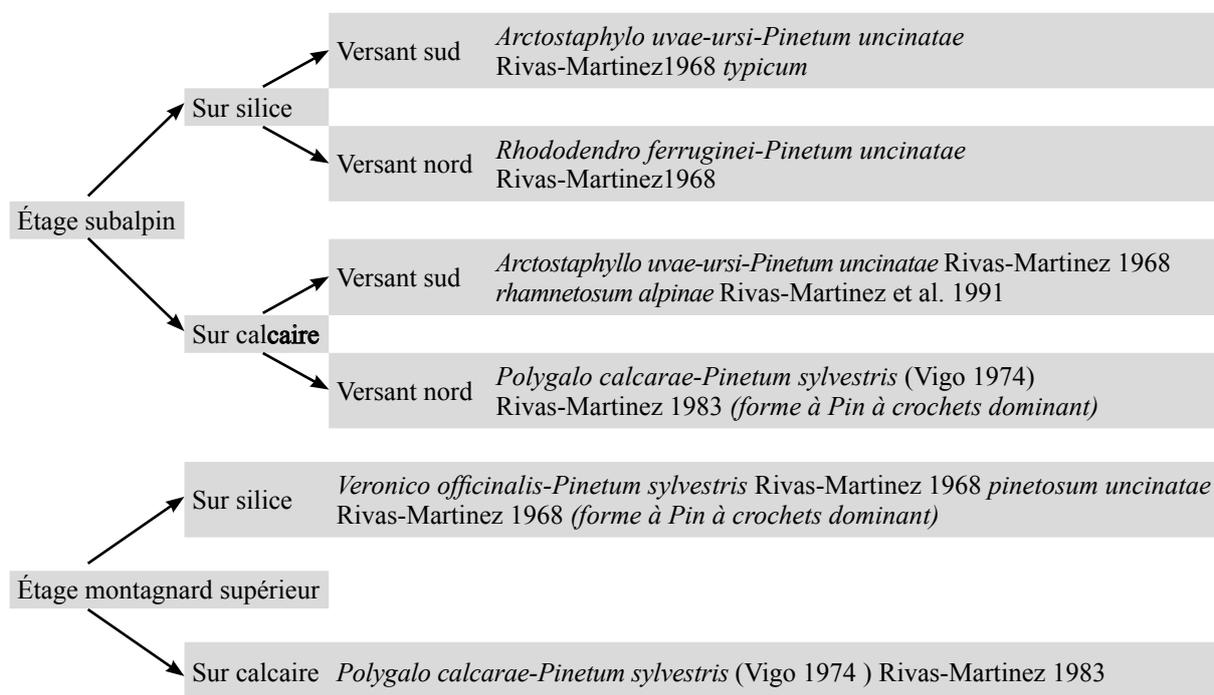


Figure 1 : Caractérisation simplifiée des habitats naturels du Pin à crochets dans les Pyrénées

1.3.1 • Les forêts de Pins de montagne calcicoles, ou acidiclinales sur sol décalcifié, de versant nord

Forêts mésophiles calcicoles pyrénéennes de Pins de montagne

Association : *Polygalo calcarae-Pinetum sylvestris* (Vigo 1974) Rivas-Martinez 1983

Plutôt localisées dans la partie centrale et orientale des Pyrénées, sous influences méditerranéennes modérées, ces formations mésophiles à xérophiles sont dominées par le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) au montagnard supérieur avec des zones de mélange avec le Pin à crochets (*Pinus uncinata*) à l'étage subalpin inférieur. Elles sont installées sur des sols carbonatés, maigres voire inexistantes (rendzines, lithosols, lapiaz), souvent en versant nord et peu ensoleillés. La strate arborescente est généralement claire avec une strate arbustive riche en espèces des landes et pelouses voisines (*Festuco-Seslerietea* et *Juniperion nanae*). Les formations de basse altitude dominées par le Pin sylvestre sont les plus thermophiles, et des cortèges plus ou moins xérophiles s'expriment selon l'exposition. La décalcification du substrat par endroit permet également la présence de certaines espèces acidiphiles (Vacciniées notamment). En effet, la litière d'aiguilles de pins sur les surfaces rocheuses exposées génère un sol à humus brut qui permet l'installation d'une flore acidiphile s'affranchissant de la nature carbonatée du substrat (Dendaletche 1973, in Cantegrel 2009), et créant une mosaïque d'habitats au sein de ces formations.

Certaines forêts calcicoles de Pin à crochets, décrites pour le versant espagnol de la chaîne des Pyrénées (*Pulsatillo fontquerii*-*Pinetum uncinatae* Vigo 1974), pourraient être considérées comme une variante alticole neutro-basophile des pinèdes de versant nord. Des conditions xérophiiles (climatiques ou stationnelles), plus fréquentes dans ces situations géographiques, sont en effet nécessaires pour limiter l'acidification du sol et y conserver une flore nettement basophile, sans quoi ces forêts évoluent vers des formes plus acidiphiles du *Rhododendro ferruginei*-*Pinetum uncinatae* Rivas-Martinez 1968, dont elles constituent le vicariant calcicole (Vigo, 1974). Mais la bibliographie ne permet pas de rattacher sans ambiguïté ces formations aux forêts de Pin à crochet rencontrées sur les versants en exposition nord des Pyrénées françaises. Le *Polygalo calcareae*-*Pinetum sylvestris* (Vigo 1974) Rivas-Martinez 1983 peut peut-être, en l'état des connaissances actuelles, suffire à décrire les forêts de Pin à crochets des ombrées calcaires en considérant qu'il existe une variante plus alticole où le Pin à crochets domine. Des précisions restent à apporter sur ces formations calcicoles.

Espèces caractéristiques : *Pinus sylvestris* avec *Sorbus aria*, *Amelanchier ovalis*, *Cotoneaster integerrimus*, *Polygala calcarea*, *Dryas octopetala*, *Orthilia secunda*, *Pyrola uniflora*, *Alchemilla plicatula*, *Carex flacca*, *Carex sempervirens*, *Gentiana verna*, *Sesleria caerulea*, *Helleborus foetidus*, *Valeriana montana*, *Buxus sempervirens*, *Juniperus communis*, *Hepatica nobilis*, *Pulsatilla alpina*, *Pinus uncinata*, *Carex ornithopoda*.



Photo 2 : Les peuplements de Pin à crochets des Arres de l'Anie (Pyrénées-Atlantiques). (D. Fallour Rubio ONF).

Intérêt patrimonial et enjeux

Classées d'intérêt communautaire prioritaire (pour les formes à Pin à crochets), ces formations de pins sur calcaire sont souvent très localisées et fragiles du fait des conditions stationnelles très contraignantes. Les cortèges d'espèces associés comprennent de nombreuses endémiques. Elles sont souvent situées dans des zones d'utilisation pastorale, et cette activité peut fortement influencer leur dynamique, au sens positif ou négatif selon les situations. Comme il s'agit d'une formation climacique à évolution lente, les peuplements rencontrés sont le plus souvent dans des situations de dynamique intermédiaire et une attention particulière devrait être apportée aux formations les plus matures.

1.3.2 • Les forêts de Pins de montagne sèches hyperacidiphiles de versant sud du montagnard

Forêts acidiphiles de Pins de montagne à Véronique

Association : *Veronico officinalis-Pinetum sylvestris* Rivas-Martinez 1968

Qu'elles soient landes, ou forêts claires, plutôt localisées dans la partie orientale des Pyrénées, ces formations thermoxérophiles de versant sud sont dominées par le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et installées sur des sols maigres, sur substrat siliceux, à moyenne altitude, du haut de l'étage montagnard jusqu'à la base du subalpin. C'est une pinède à laquelle on peut associer un caractère « interne » pour le versant nord des Pyrénées, mais dont la caractérisation floristique reste à affiner. On y rencontre généralement une strate arbustive riche en Genêt purgatif (*Cytisus purgans*) et Genévriers (*Juniperus nana*, *Juniperus hemisphaerica*). Le Pin à crochets (*Pinus uncinata*) est souvent en mélange dans les parties les plus alticoles, ce qui forme un faciès particulier de ce type d'habitat, en climax stationnel, qui constitue la sous association *pinetosum uncinatae* Rivas-Martinez 1968, et se retrouve en situation de transition avec les formations siliceuses à *Arctostaphylos uva-ursi*, plus alticoles.

La distinction entre les landes à Genêt purgatif subissant une dynamique de boisement (peuplements ouverts) et les formations forestières au sens strict est parfois difficile. Les peuplements les plus stables sont généralement assez ouverts et localisés sur des sols rocheux où les conditions stationnelles ne permettent pas l'installation d'une strate forestière plus dense pouvant conduire à la perte des cortèges héliophiles associés au Genêt purgatif.

Espèces caractéristiques : *Pinus sylvestris* avec *Arctostaphylos uva-ursi*, *Juniperus nana*, *J. hemisphaerica*, *Calluna vulgaris*, *Genista pilosa*, *Cytisus purgans*, *Cotoneaster integerrimus*, et *Daphne mezereum*, *Vaccinium myrtillus*, *Pinus uncinata* dans certains contextes, avec prédominance d'une strate herbacée acidiphile comprenant *Deschampsia flexuosa*, *Cruciata glabra*, *Festuca eskia*, *Veronica officinalis*, *Silene rupestris*, *Potentilla erecta*, *Antennaria dioica*, *Senecio adonidifolius*.



Photo 3 : Peuplements de Pin à crochets à *Genista purgans* (Ariège). (M. Kaczmar ONF).

Intérêt patrimonial et enjeux

Les communautés de Pin sylvestre ou de Pin à crochets relictuelles des stations sèches sont souvent rares et très localisées. Il s'agit de forêts à déterminisme stationnel, souvent confondues avec des phases pionnières à pins des hêtraies stationnelles, beaucoup plus communes. En ce sens leur identification et leur cartographie sont importantes à prendre en compte dans la gestion, afin de conserver la naturalité de ces peuplements, permettre leur maturation et leur régénération naturelle. Leur limite de répartition à l'ouest de la chaîne reste à préciser.

1.3.3 • Les forêts de Pins de montagne de l'étage subalpin

Forêts pyrénéennes de Pins de montagne à Rhododendron ferrugineux

Association : *Rhododendro ferruginei-Pinetum uncinatae* Rivas-Martinez 1968

L'association caractérise les pineraies mésophiles des versants nord des Pyrénées en climax climatique à l'étage subalpin, dans des conditions stationnelles hygrosclaphiles et froides, sur des sols acides de natures variées, des sols maigres et rocheux des éboulis aux sols profonds. Les reliefs sont en général moins escarpés, ce qui permet à la neige de se maintenir et d'éviter les écarts de température trop importants, préjudiciables au *Rhododendron ferrugineux*. La strate arborescente est souvent claire, accompagnée de sorbiers et de sapins, avec une strate arbustive de rhododendrons dense et très fermée. Ces habitats sont en contact avec des pelouses à Nard (*Nardus stricta*) et des pelouses fermées à Gispet (*Festuca eskia*), en mosaïque avec les landes alpines.

Espèces caractéristiques : *Pinus uncinata*, *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium myrtillus*, *Homogyne alpina*, *Blechnum spicant*, *Huperzia selago*, *Lycopodium annotinum*, *Lonicera nigra*, *Lonicera alpigena*, *Juniperus nana*, *Gentiana burseri*, *Melampyrum pratense*, *Pyrola minor*,



▲ 4 : peuplement fermé



▲ 5 : peuplement clair à lande dominante

Photos 4 et 5 : Forêts de Pin à crochets à *Rhododendron ferrugineux* (massif du Néouvielle). (F. Loustalot-Forest ONF).

Forêts pyrénéennes de Pins de montagne à Raisin d'ours

Association : *Arctostaphylo uvae-ursi – Pinetum uncinatae* Rivas-Martinez 1968

L'association des forêts de Pin à crochets à Raisin d'ours décrit les pineraies sèches des versants chauds en exposition sud de l'étage subalpin moyen et supérieur, entre 1 700 m et 2 450 m. Les conditions de sécheresse, ensoleillement et déneigement précoce y sont très contraignantes, avec des écarts de températures souvent importants du fait de l'exposition. Les substrats sont variés, aussi bien calcicoles qu'acidiphiles, les sols maigres, de type ranker ou rendzine, voire directement des éboulis. La sous association *rhamnetosum alpinae* Rivas-Martinez *et al.* 1991 a été utilisée pour décrire la forme calcicole de cet habitat. Elle se différencie des formations du *Polygalo calcarae-Pinetum sylvestris* (Vigo 1974) Rivas-Martinez 1983, outre une situation plus altitudinale, par son caractère plus héliophile.

La strate arbustive est caractérisée par le Raisin d'ours (*Arctostaphylos uva-ursi*) ou le Genévrier nain (*Juniperus nana*). La strate arborescente est en général assez claire jusqu'à se confondre avec des habitats de landes d'altitude. La strate herbacée varie en fonction de la nature du substrat.

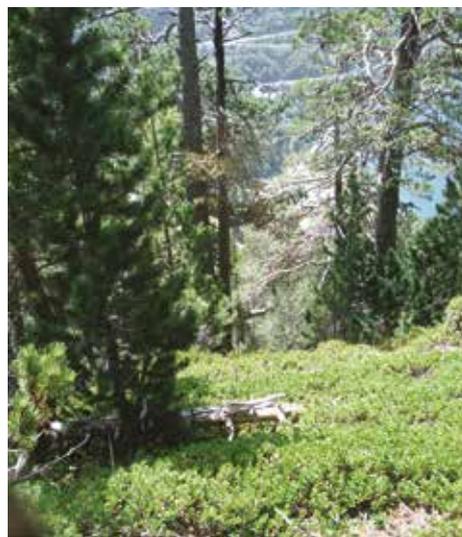


Photo 6 : Forêts de Pin à crochets à Raisin d'ours sur silice (massif du Néouvielle). (F. Loustalot-Forest ONF).

Espèces caractéristiques sur sol acide : *Pinus uncinata*, *Cotoneaster integerrimus*, *Juniperus nana*, *Rosa alpina*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Moneses uniflora*, *Cruciata glabra*, *Vaccinium myrtillus*, *Antennaria dioica*, *Deschampsia flexuosa*, *Veronica officinalis*, *Festuca eskia*, *Festuca paniculata*, *Genista pilosa*, *Calluna vulgaris*.

Espèces caractéristiques sur calcaire : *Pinus uncinata*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Juniperus nana*, *Cotoneaster integerrimus*, *Daphne cneorum*, *Helictotrichon sedenense*, *Polygala calcarea*, *Rhamnus alpinus*, *Festuca gautieri*, *Teucrium pyrenaicum*, *Globularia nudicaulis*, *Valeriana montana*, *Helianthemum nummularium*...

Intérêt patrimonial et enjeux

Il s'agit des formations les plus rencontrées sur la chaîne des Pyrénées pour représenter le Pin à crochets, typiques de l'étage subalpin. Si les habitats forestiers sont en général de faible surface, les habitats de landes en mosaïque imbriquées avec eux occupent en général de grandes étendues, en particulier en cas de baisse de pression pastorale (pâturage, feux pastoraux, etc), ce qui peut conduire à terme à une recolonisation des pins dans certains contextes altitudinaux.

Lorsque leur densité le permet et si elles sont riches en Myrtille, voire en Genévrier, ces formations peuvent constituer une bonne source d'alimentation et un refuge pour l'avifaune de montagne, notamment les Galliformes. Cependant, les formations à Rhododendron ferrugineux, lorsqu'elles sont très denses, sont assez pauvres floristiquement et peuvent parfois représenter un obstacle pour la circulation de la faune sauvage et du bétail.

1.3.4 • Les forêts de Pins de montagne sur sol tourbeux

Très localement, en particulier dans la partie orientale des Pyrénées, on rencontre des peuplements de Pin à crochets sur des sols saturés en eau (bas marais et tourbières acides à sphaignes). Ces peuplements constituent le plus souvent un stade dynamique de colonisation des ligneux sur les parties les plus sèches (buttes de sphaigne).

La caractérisation phytosociologique de ces formations paraît lacunaire pour les Pyrénées. Souvent, elles ne semblent cependant pas constituer un habitat forestier au sens strict et peuvent rester rattachées aux formations de landes tourbeuses associées à des phases pionnières forestières. Leur intérêt patrimonial est toujours fort, du fait de l'originalité, de la rareté et de la fragilité de la végétation inféodée aux habitats de tourbières, avec de nombreuses espèces en limite d'aire de répartition, ainsi que pour leur rôle fonctionnel dans les écosystèmes de montagne.



*Photo 7 :
Forêt de Pin
à crochets sur
sol tourbeux
(massif du
Néouvielle).
(F. Loustalot-
Forest ONF).*

1.4 • Panorama des habitats naturels d'ouest en est, enjeux liés à Natura 2000

L'ONF (CGAF¹ et directions territoriales Sud-Ouest & Méditerranée), l'INRA Orléans et le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées ont constitué depuis 2007 un échantillonnage de peuplements de Pin à crochets représentatif de la diversité des conditions écologiques présentes sur l'ensemble du massif des Pyrénées françaises (figure 2). Les peuplements ainsi retenus ont fait l'objet en 2008 et 2009 d'une analyse de leurs habitats naturels et de leur diversité génétique en vue d'assurer la préservation et la valorisation patrimoniale des pins sauvages des montagnes d'Europe du sud et de leurs habitats naturels dont certains sont d'intérêt communautaire (figure 3).

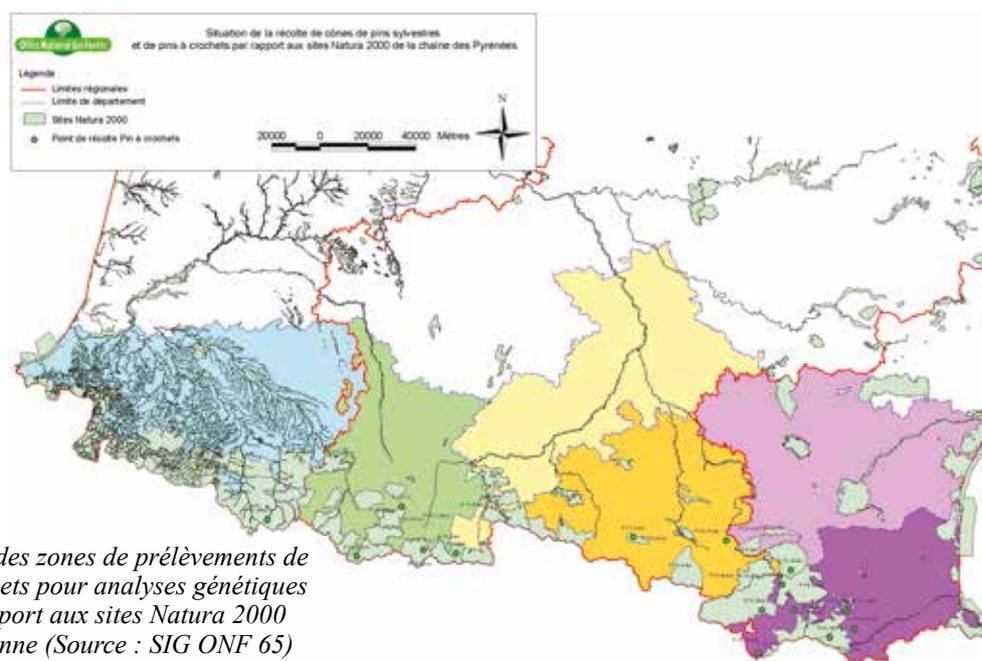


Figure 2 : Situation des zones de prélèvements de cônes de Pin à crochets pour analyses génétiques (2007-2008) par rapport aux sites Natura 2000 de la chaîne pyrénéenne (Source : SIG ONF 65)

Espèce récoltée	Dép.	Commune	Site Natura 2000		Code Corine	EUR15
			Identification	Nom		
<i>Pinus uncinata</i>	64	Arette	Non	Non	42.425	9430-5
<i>Pinus uncinata</i>	64	Laruns	FR7200744	Massif du Sesque et de l'Ossau	42.425	9430-5
<i>Pinus uncinata</i>	65	Gavarnie	FR7300927	Etaubé Gavarnie Troumouse et Barroude	42.413	9430-12
<i>Pinus uncinata</i>	65	Bagnères de Bigorre	Non	Non	42.4242	9430-8
<i>Pinus uncinata</i>	65	Saint Lary Soulan	FR7300934	Rioumajou et Moudang	42.56	/
<i>Pinus uncinata</i>	31	Oô	FR7300880	Haute Vallée d'Oô	42.413	9430-12
<i>Pinus uncinata</i>	O9	Le Port	FR7300825	Mont Ceint, Mont Béas, Tourbière de Bernadouze	41.141	/
<i>Pinus uncinata</i>	11	Le Bousquet	FR9101470	Haute vallée de l'Aude et Bassin de l'Aiguette	42.413/42.1331	9430-10/9410-11
<i>Pinus uncinata</i>	66	Font Romeu Odeillo Via	FR9101471	Capcir, Carlit et Campcardos	42.424	9430
<i>Pinus uncinata</i>	66	Real	FR9101473	Massif de Madres-Coronat	42.424	9430
<i>Pinus uncinata</i>	66	Taurinya	FR9101475	Massif du Canigou	42.413	9430-12

Figure 3 : Habitats naturels (Code Corine et Eur 15) relevés lors des prélèvements de cônes de Pin à crochets pour analyses génétiques (2007-2008)

¹ Conservatoire Génétique des Arbres Forestiers

Les données obtenues sur les habitats naturels ont en majeure partie été compilées à partir des données existantes dans les cartographies d'habitats réalisées pour les documents d'objectifs. Il s'est avéré en effet que les sites d'échantillonnage étaient en grande partie situés dans les périmètres des sites Natura 2000, dont le réseau couvre de vastes surfaces le long de la chaîne des Pyrénées. Ceci porte à croire que les habitats naturels du Pin à crochets sont largement représentés dans des espaces dédiés à une gestion conservatoire. En pratique, il est vrai qu'une connaissance est plus accessible sur ces secteurs du fait de l'existence de cartographies des habitats naturels en majeure partie finalisées, mais ces habitats apparaissent assez peu dans les actions et mesures de gestion proposées dans les documents d'objectifs, car ils sont, pour des raisons intrinsèques (type de peuplements, accessibilité et enjeu de protection...), peu concernés par la sylviculture, à l'exception des Pyrénées orientales. D'autre part une proportion importante de peuplements de pins plantés pour des raisons de protection des sols (reboisements réalisés par les services RTM²) dans la partie occidentale des Pyrénées ne constitue pas des habitats naturels au sens strict et ne sont donc pas directement un enjeu au titre de Natura 2000. En parallèle, et paradoxalement, les habitats naturels du Pin à crochets sont parfois pris en compte de façon indirecte dans des actions liées aux habitats avec lesquels ils se trouvent en mosaïque. Il s'agit pour l'essentiel de landes et pelouses, notamment dans des contextes de déprise pastorale et de boisement du milieu, enjeux particulièrement représentés dans les sites Natura 2000 pyrénéens. La reconquête de ces espaces par le Pin à crochets est alors considérée comme un indicateur de modification voire de dégradation des habitats de landes ou pelouses recolonisés, pourtant largement représentés à l'échelle des sites.

Il en résulte que les enjeux liés au Pin à crochets et à ses habitats paraissent parfois assez mal identifiés et peu pris en compte dans les documents d'objectifs. Néanmoins, la question de la naturalité des habitats, de l'introduction d'essences allochtones pouvant modifier l'équilibre des habitats naturels (espèces potentiellement envahissantes), jusqu'à la conservation de la diversité génétique naturelle du patrimoine forestier pyrénéen, constituent des thématiques qui commencent à être mieux traitées dans le cadre des actions à mener dans les sites Natura 2000.

1.5 • Lacunes et limites de l'approche phytosociologique

La prise en compte des caractéristiques des pineraies autochtones nécessite dans certains cas une analyse plus fine en terme d'étude phytosociologique pour rendre compte de la diversité des habitats naturels incluant les peuplements de Pin à crochets, et il reste un certain nombre de problèmes à résoudre sur la syntaxonomie de ces groupements en terme de description et de synthèse. La variabilité des faciès que l'on rencontre sur le terrain ne paraît pas suffisamment représentée dans les résultats obtenus par la cartographie des habitats, où la donnée relevée est principalement le code Corine Biotopes, qui ne permet pas de faire un lien sans équivoque avec les rattachements phytosociologiques possibles. Ainsi, les habitats naturels du Pin à crochets semblent distribués de façon équivalente le long de la chaîne pyrénéenne, ou sont intégrés dans des ensembles forestiers plus vastes relevant d'autres types d'habitats, tels que les hêtraies-sapinières neutrophiles ou acidiphiles, car ils occupent parfois des surfaces trop restreintes pour être représentées à l'échelle des cartographies d'habitats naturels demandées pour les documents d'objectifs. L'approche stationnelle, même si elle ne peut se substituer à l'approche phytosociologique, pourra se révéler complémentaire.

Enfin, certaines particularités paysagères, dynamiques ou chorologiques, comme par exemple les peuplements rupicoles (ou « rupisylves », Cantegrel, 2009) des Arres de l'Anie (Pyrénées-Atlantiques), placent le Pin à crochets dans un contexte original en limite d'aire de répartition occidentale. Même si l'analyse de ces peuplements ne conduit pas à une singularité au niveau phytosociologique, elle révèle pour ces habitats et leur diversité un enjeu particulier en terme de gestion conservatoire. Cet enjeu est particulièrement sensible dans un contexte d'évolution des milieux d'altitude, tant au niveau des pratiques de gestion et des usages que des modifications climatiques, pressions auxquelles ces peuplements en situation extrême peuvent être particulièrement soumis.

2 • LA RUPISYLVE KARSTIQUE DU MASSIF D'ANIE AUX MARGES OCCIDENTALES DE L'AIRE DU PIN À CROCHETS

Renaud Cantegrel

337 Bd du Cami Salié F -64000 PAU renaudcantegrel@orange.fr

Communication au colloque Le karst, indicateur performant des environnements passés et actuels organisé du 6 au 9 septembre 2007 par l'Association française de karstologie à Arette-La Pierre St Martin, publiée aux actes du colloque sous le titre La rupisylve karstique du massif d'Anie : un peuplement original de Pin à crochets dans les Pyrénées occidentales.

Grand merci

à Sylvie Baffalio pour sa relecture du manuscrit et à Isabelle Moulan pour la cartographie.

Sûrement un des lieux les plus marquants des Pyrénées, le massif karstique dominé par le Pic d'Anie (2 504 m) et la Table des Trois Rois (2 421 m) héberge à l'extrémité occidentale de la chaîne une population de Pin à crochets (Pinus uncinata Ramond) en limite de son aire de répartition.

L'originalité du peuplement tient à sa colonisation postglaciaire d'un milieu très hostile autant au plan édaphique que climatique : l'affleurement du calcaire des canyons sculpté en lapiaz tabulaires d'altitude, recevant de plein fouet les perturbations de l'Atlantique proche.

Avec la déprise pastorale tendancielle et le moindre enneigement des dernières décennies, on assiste à une colonisation inédite du Pin à crochets sur le karst de l'Anie, moins spectaculaire cependant que dans les massifs orientaux des Pyrénées.



*Photo 1 : Où le Pin à crochets s'aventure sur le karst tabulaire...
(Photo Luc Henri Fage).*

2.1 • L'arbre des rochers

Partout en compagnie du genévrier couché (*Juniperus nana*, mais aussi *J. hemisphaerica*), le Pin à crochets colonise le subalpin des Pyrénées sur toute espèce de substratum géologique, qu'elle soit silicatée ou carbonatée. La particularité du massif d'Anie, c'est que le conifère végétant sur la roche calcaire nue, le peuplement acquiert une physionomie très fragmentée et un caractère xérique accentué.

2.1.1 • Un substrat ingrat

Capable de pousser à même le rocher (photo 1), enfonçant ses puissantes racines dans la moindre diaclase, on peut se demander pourquoi *Pinus uncinata* semble fuir les substrats plus accueillants, les matériaux meubles et terreux, qui ne sont pas rares à l'étage subalpin inférieur, même en ambiance karstique. Ce pin sauvage semble en effet s'évertuer à choisir les grandes nefs rocheuses et les éminences du karst, tout en délaissant les zones de graben¹ et les dépressions où le sol prospectable par son système racinaire semble beaucoup plus favorable à la bonne vigueur de l'arbre (figure 1).

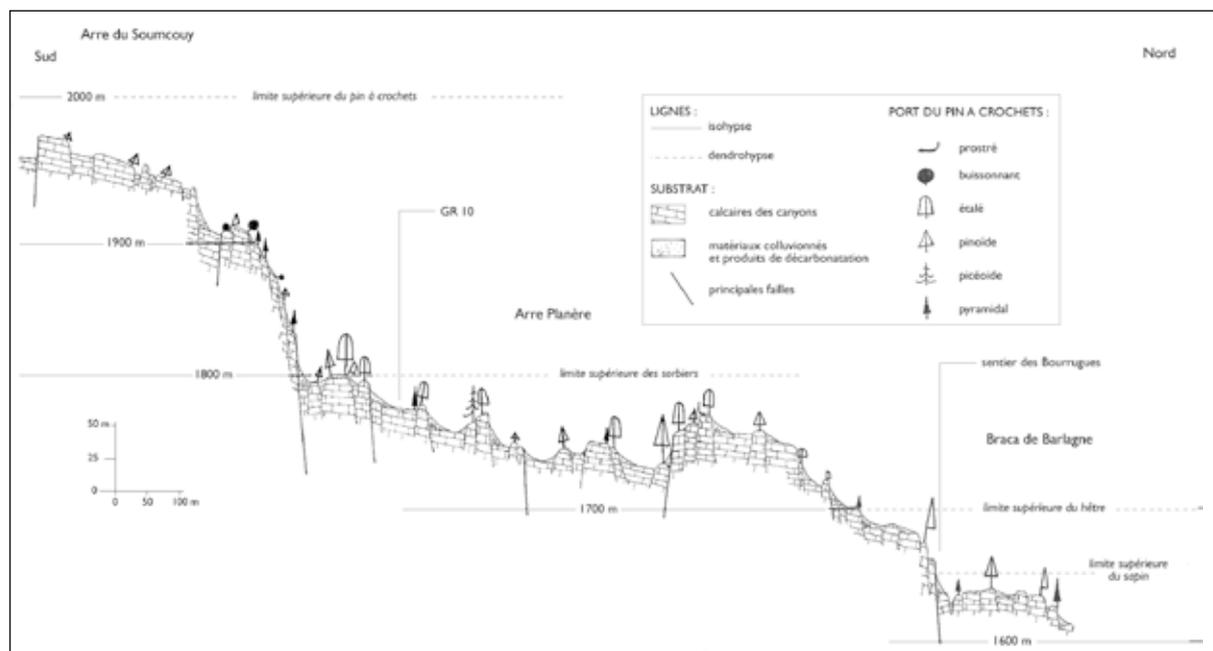


Figure 1 : *Physionomie de Pinus uncinata dans la rupisylve karstique d'Anie.* (in Cantegrel, 1980)

2.1.2 • Un boisement en agrégats

Le Pin à crochets offre ici l'aspect caractéristique d'un peuplement arboré dont la mosaïque reflète d'abord les discontinuités géomorphologiques qui cantonnent le conifère aux affleurements rocheux et l'herbe aux zones concaves colmatées par des fines (figure 2 page suivante).

Il s'agit-là bien sûr d'un équilibre relatif entre deux types d'habitats, conditionné par deux contraintes majeures qui régissent la répartition des phytocénoses subalpines :

- les facteurs météoriques, et surtout la persistance nivale, nettement allongée dans les creux du karst désertés par le Pin qui se réfugie sur les bosses (photo 2),
- l'utilisation anthropozoïque de l'espace, avec un pastoralisme qui exploite et entretient les pelouses des poljés² et des versants colluvionnés.

Le peuplement de Pin à crochets se structure au massif d'Anie selon une agrégation des arbres en petits bosquets sur les croupes précocement déneigées en période vernale. Il en résulte une pineraie singulière à couvert arboré très fragmenté, soulignant les affleurements rocheux et désertant les dépressions à accumulation nivale. C'est pourquoi plutôt que d'adopter le terme de « forêt », qui suppose un écosystème relativement fermé capable de tamponner les aléas du milieu extérieur, on préfère parler ici de « rupisylve³ karstique » afin de souligner la spécialisation rupestre de la pineraie.

1 Graben = fossé tectonique constitué par des failles normales de même direction limitant des compartiments sédimentaires effondrés.

2 Poljé = grande dépression fermée à fond plat d'un massif karstique.

3 Rupisylve = terme proposé (Cantegrel, 1987a) pour caractériser une formation boisée de rocher (rupes en latin), à ne pas confondre avec rupisylve, ou formation boisée des berges de cours d'eau.

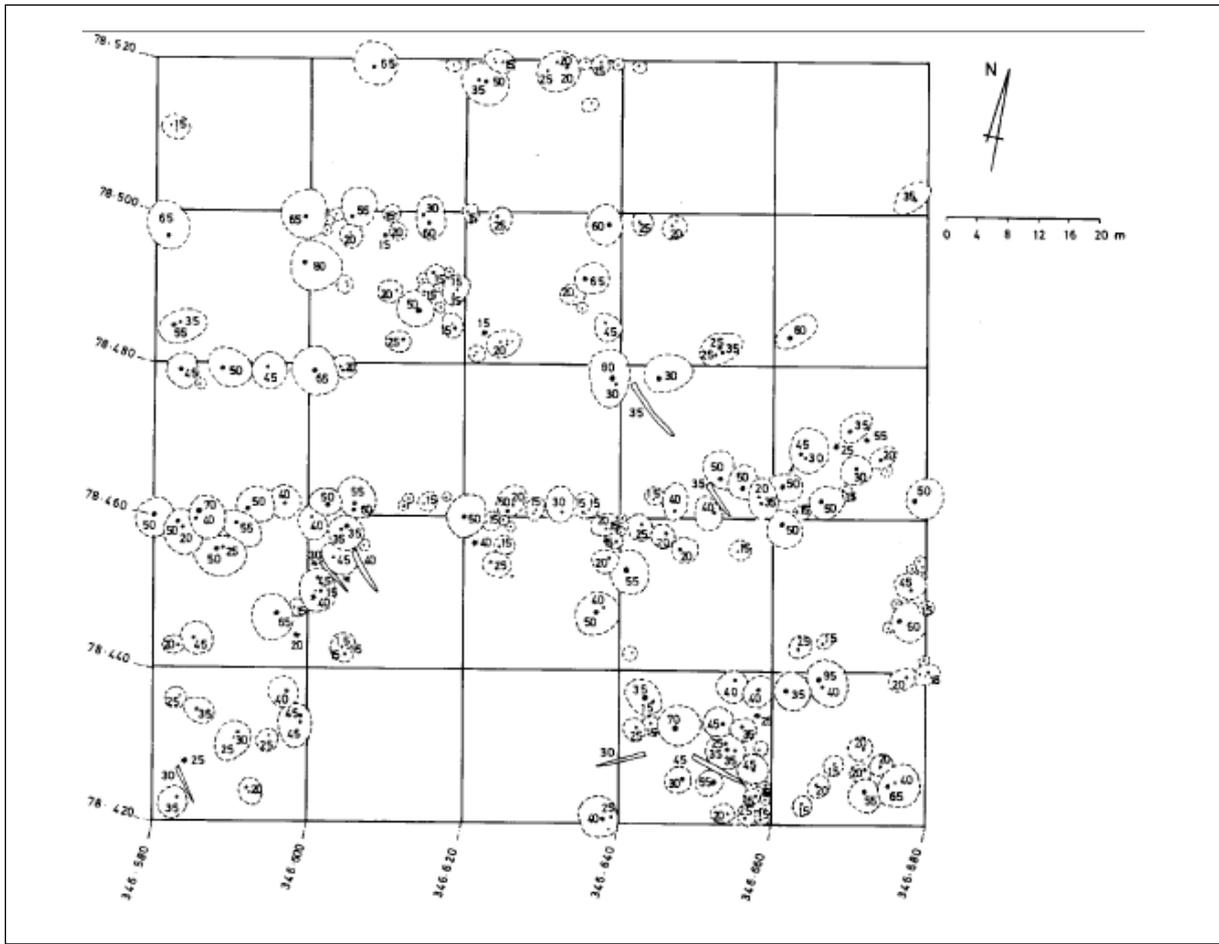


Figure 2 : Fragmentation de la pineraie en milieu karstique : Cuma de Ansu (1 700 m)/Pas des Basques (Navarre). Projection Lambert III zone sud (in Cantegrel, 1987b).

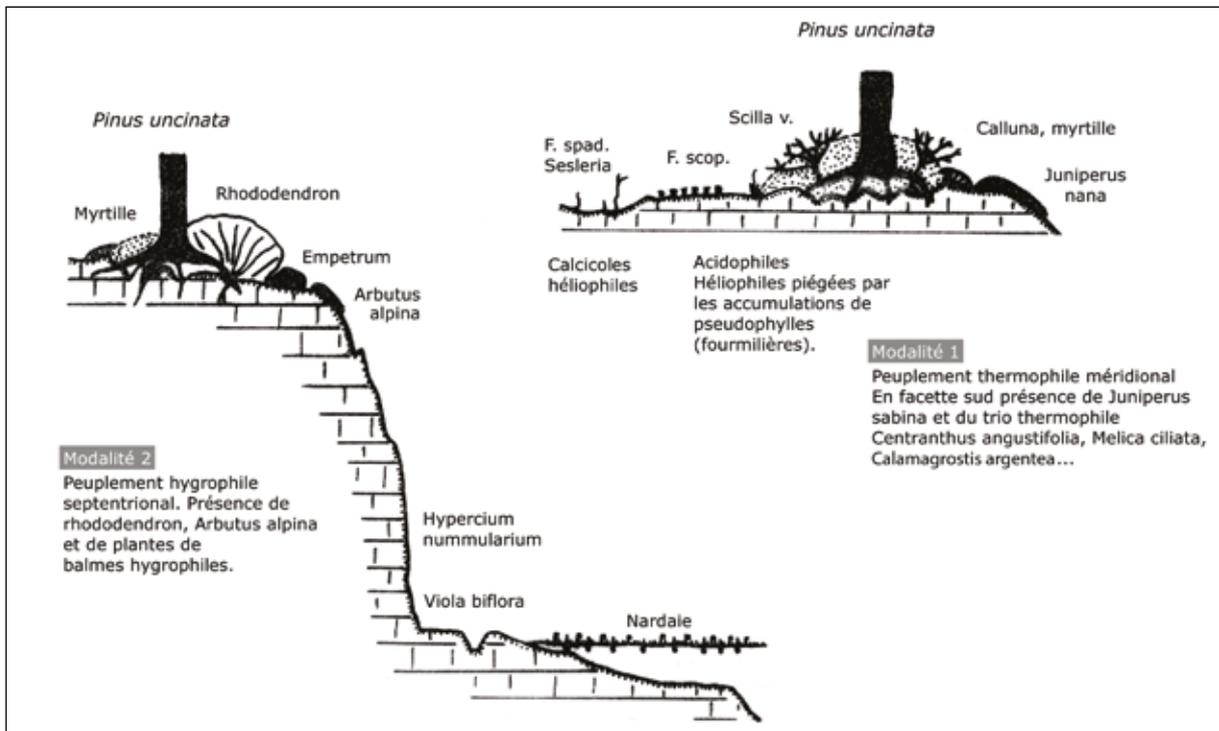


Figure 3 : Peuplement végétal du karst (d'après Dendaletche, 1973)

2.2 • Une pineraie affranchie du calcaire

2.2.1 • Un massif calcaire, mais des sols décarbonatés

Le langage courant cite le peuplement arboré de la Pierre St Martin comme un massif où « le Pin à crochets pousse sur le calcaire ». Est-ce à dire que notre conifère prospère sur les sols carbonatés ? Nullement. La dissolution des calcaires supracrétacés en place, à porosité intercrystalline très réduite, ne libère pratiquement aucune terre fine carbonatée (Cabidoche, 1979). Et le résidu de décarbonatation, limité à 3 % au plus, se trouve presque totalement évacué verticalement par l'intense soutirage karstique affectant les horsts⁴ sévèrement fracturés et compartimentés.

Sur les sites de horst, seul l'apport de matière organique constitue le « sol » qui s'affranchit entièrement de la roche carbonatée sous-jacente. Ainsi, avec la libération annuelle du stock d'aiguilles âgées, il y a genèse lente sous le couvert du Pin d'un xéromor⁵ acide très noir reposant directement sur la dalle calcaire.

2.2.2 • Une pineraie d'apparence calcicole

Le site Natura 2000 « Hautes montagnes de Soule et du Barétous » évite le classement du karst d'Anie, bien que cet habitat singulier, d'intérêt prioritaire au niveau européen⁶, se rattache sans équivoque aux « *Pineraies de Pin à crochets calcicoles des Pyrénées* ».

Sous cette dénomination en effet, les Cahiers d'habitats⁷ réfèrent au massif d'Anie (en citant les « Arres » des Pyrénées-Atlantiques) et signalent l'installation aux Pyrénées de la pineraie sur produits d'altération de roches calcaires, tout en soulignant la grande variabilité des sols, carbonatés ou décarbonatés, voire décalcifiés. Les espèces indicatrices du type d'habitat, qui en illustrent la variante calcicole, sont bien présentes dans les groupements décrits au massif d'Anie et semblent accréditer la thèse d'une végétation calcicole. Aurait-on alors affaire non pas à une pineraie calcaricole⁸, mais plutôt calcicole⁹ ?

La figure 3 (Dendaletche, 1973) montre clairement comment la flore se répartit en couronne à la base du tronc de notre conifère qui génère un sol biologique affranchi de la roche calcaire. Les plantes hyperacidiphiles (*Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *Empetrum hermaphroditum*, *Deschampsia flexuosa*) s'installent sur l'humus brut constitué par l'amoncellement des aiguilles de pin, puis viennent des espèces plus héliophiles et/ou thermophiles et davantage dépendantes du substrat lorsqu'on s'éloigne de l'arbre.

Autrement dit, le Pin à crochets vient peupler dans un environnement calcaire :

- ou bien des surfaces rocheuses pratiquement nues où il induit la genèse d'un lithosol à humus brut colonisé par une flore acidiphile,
- ou bien des pelouses rocailleuses hélio-thermophiles sur sols décalcifiés.

L'appellation de « pineraie calcicole » issue des Cahiers d'habitats Natura 2000 est en conséquence trompeuse et constitue une schématisation abusive incapable de traduire la mosaïque des milieux où s'installe la rupisylve karstique d'Anie.

2.2.3 • Des affinités oro-méditerranéennes ?

Selon nos confrères espagnols (Villar & Soriano 1999), les peuplements pyrénéens de Pin à crochets se répartissent schématiquement entre pineraies à affinité boréale et pineraies à affinité oro-méditerranéenne. Ces auteurs distinguent dans ce cadre trois grands types de phytocénoses dominées par *Pinus uncinata* :

- la pineraie à *Rhododendron ferrugineum* des ombrées¹⁰ subalpines sur sols acides,
- la pineraie à *Pulsatilla alpina* subsp. *fontqueri* des ombrées calcaires,
- les pineraies à *Arctostaphylos uva-ursi* et *Juniperus communis* s.l. des soulanes subalpines.

4 Horst = structure tectonique émergeante constituée par des failles normales de même direction (structure inverse du graben).

5 Xéromor = humus brut xérique.

6 Selon la directive européenne du 21 mai 1992 dite directive « Habitats, faune, flore ».

7 Catalogue des habitats naturels et des espèces figurant aux annexes I et II de la directive Habitats, dont la rédaction est coordonnée par le Muséum national d'histoire naturelle.

8 Calcaricole : terme désignant une adaptation aux sols riches en carbonate de calcium CaCO_3 (calcaire actif présent dans la fraction fine). La décarbonatation est la dissolution du calcaire par les eaux météoriques chargées de dioxyde de carbone.

9 Calcicole = préférant les sols riches en calcium. La décalcification est l'appauvrissement du sol en calcium par lixiviation du cation Ca^{2+} .

10 Ombrée = versant exposé au nord (vicariant pyrénéen du terme ubac usité dans les Alpes).

Les deux premiers types, à forte proportion de plantes circumboréales et alpines, sont considérés comme des digitations méridionales des forêts sempervirentes boréales, tandis que le dernier type se singularise par des éléments issus des montagnes ibériques et méditerranéennes. L'examen des compositions floristiques correspondantes montre que la pineraie d'Anie relève sans conteste de chacune des trois entités, les éléments oro-méditerranéens devenant prépondérants sur les facettes rocheuses exposées au sud.

L'énorme hétérogénéité édapho-climatique du karst d'Anie génère une mosaïque d'habitats peuplés par les agrégats de Pin à crochets. La répartition de l'arbre est bien plus dictée par les discontinuités géomorphologiques et les facettes d'exposition que par les facteurs pédologiques qui deviennent inopérants à classer le peuplement de *Pinus uncinata*.



*Photo 2 : Aspect de la rupisylve karstique de Larra (Navarre) en phase vernale.
Noter la localisation du Pin à crochets sur les croupes rocheuses précocement déneigées à l'étage subalpin.
(Photo Jean-Annick Charles).*

2.3 • À l'assaut des hautes surfaces du massif karstique

Au massif d'Anie, la distinction classique entre les Arres inférieures, sylvatiques, et les Arres supérieures, asylvatiques (Dendaletche, 1973), reflète le conflit entre la pression de colonisation du Pin à crochets et la résistance du milieu abiotique et biotique (figure 4).

2.3.1 • Dynamique bioclimatique et dynamique morphoclimatique

La nature calcaire du substrat, si elle est loin d'être uniforme, se caractérise surtout ici par l'intense gélifraction dès 1 800 m qui génère au-dessus de cette altitude un karst à gélifractions dominants tandis que plus bas le modelé est essentiellement lapiazé (Cabidoche, 1979). La vigueur des cycles de gel jointe à la violence des vents sur les hautes surfaces dénudées induisent au massif d'Anie un abaissement notoire de l'espace de contestation entre landines arborées et groupements pionniers asylvatiques. C'est dire qu'au sein même du subalpin karstique existe en altitude un niveau où la dynamique naturelle ne peut conduire à l'installation de la forêt et où le peuplement végétal conserve un caractère nettement supraforestier, en dépit des rares arbres qui s'y aventurent.

Ainsi peut-on schématiquement opposer deux types d'évolution des systèmes subalpins (Cantegrel, 1987a) :

- **une dynamique supraforestière, essentiellement morphoclimatique**, où les morphogénèses gélinivales n'autorisent que l'installation de phytocénoses herbacées adaptées à la mobilité des substrats, telles la cariçaie sempervirente (pelouse en gradins à base de *Carex sempervirens*) sur les flancs du Soum Couy. Le Pin à crochets demeure capable de coloniser les substrats les plus stables à la base de l'espace supraforestier sous forme de *rupisylve*.
- **une dynamique forestière, surtout bioclimatique**, où les biocénoses se succèdent dans l'espace-temps selon certaines séquences dénommées *séries de végétation* progressant vers un état stationnaire climacique (*steady state*), ou bien en dérivant par dégradation. On peut alors véritablement parler de système forestier, que l'on ne rencontre ici qu'au niveau de la hêtraie-sapinière, mais qui potentiellement concerne la base du peuplement de Pin à crochets en voie de densification.

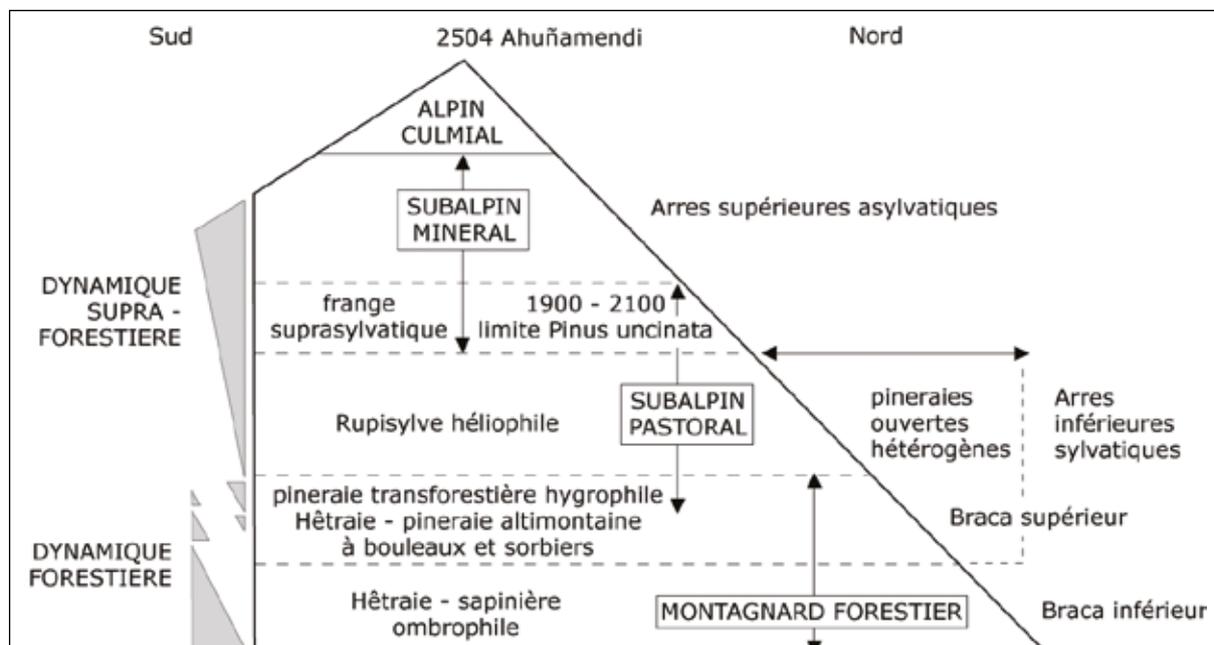


Figure 4 : Peuplement altitudinal de *Pinus uncinata* au massif d'Anie (in Cantegrel, 1989)

3 • LES STATIONS FORESTIÈRES POUR LE PIN À CROCHETS DANS LES PYRÉNÉES CATALANES

Hélène Chevallier

*L'Atelier des cimes. Bureau d'études. Campome (66)
helen.chevallier@mac.com <http://www.al-bocal.org>*

La forêt est l'un des axes forts des orientations stratégiques de la Charte du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes (PNR PC). Les premières actions de préfiguration du PNR PC ont donc porté tout naturellement sur la forêt avec une demande et une attente précise formulées par les gestionnaires, privés et publics, de se doter d'un outil de description et de gestion de l'ensemble des milieux forestiers (Chevallier et al., 2001).

L'angle de vue a donc tout d'abord été forestier ; cela se justifie par la couverture forestière importante de ce territoire (65 % des 135 000 ha que couvrent ses 64 communes rurales). Ces espaces forestiers, et tout particulièrement les milieux où s'exprime le Pin à crochets, sont des espaces aux enjeux multiples, d'autant plus que la « culture » locale n'est pas forcément forestière. C'est pourquoi, dès l'initiation des travaux (février 2000), l'approche a été pluridisciplinaire, tant dans le déroulement (composition des groupes de travail, des comités techniques) que dans la conception de l'outil final, le Manuel forestier « Forêt et milieux remarquables associés en Pyrénées catalanes » (Chevallier, 2003).

Les Pyrénées catalanes, espagnoles et françaises, abritent les principales forêts monospécifiques de Pin à crochets : le contexte climatique sec et ensoleillé ainsi que l'histoire forestière (reboisements intensifs au début du XX^e siècle) ont favorisé cette essence, très bien adaptée à la partie orientale des Pyrénées.

La gestion de ces peuplements de Pin à crochets représente donc un enjeu fort pour la Catalogne :

- *production de bois valorisable sur les filières locales avec le maintien d'une activité économique,*
- *préservation de la biodiversité (habitat de l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore),*
- *valorisation sylvopastorale pour une amélioration des ressources fourragères et des usages pastoraux,*
- *prise en compte d'une forte pression touristique et d'un incontournable enjeu d'accueil du public, de récréation et de maintien d'une qualité paysagère.*

S'il fallait résumer l'objectif des travaux que nous avons menés sur le territoire du PNR PC, il serait contenu en une phrase : « Apprécier les potentialités forestières et la ressource pastorale tout en tenant compte des enjeux patrimoniaux ».

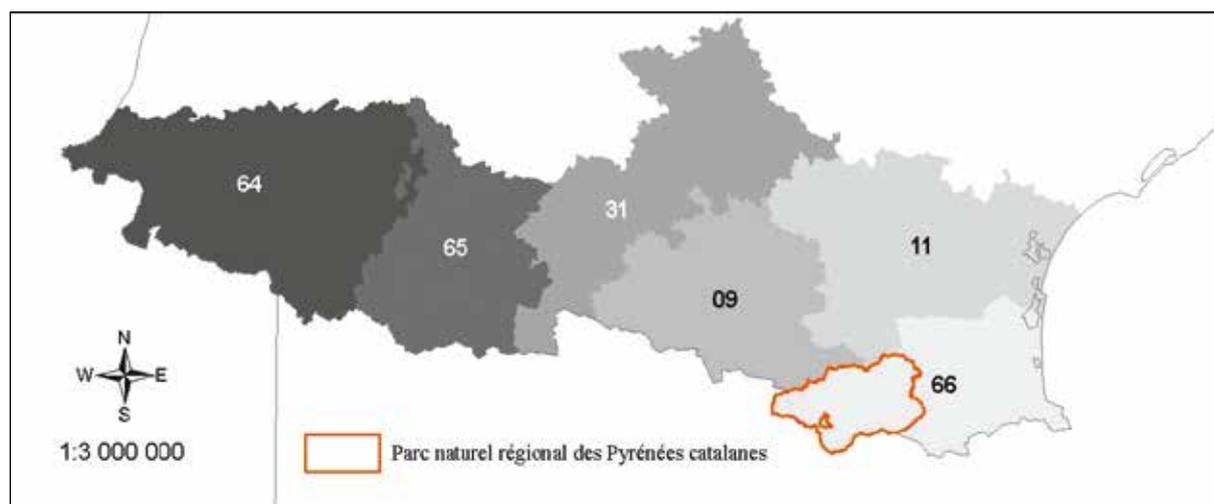


Figure 1 : Carte de situation du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes

La première partie de cet article sera consacrée spécifiquement à la présentation des différentes stations forestières de Pin à crochets. Nous examinerons prioritairement l'ensemble le plus représentatif sur ce territoire : les stations sur substrat siliceux. Nous ferons ensuite une ouverture sur des stations moins représentées mais d'un intérêt écologique majeur, sur calcaire ou sols humides, ce qui nous mènera à aborder le lien station/habitat. Nous conclurons cette partie par un bilan des potentialités forestières de chacune des stations. Dans une deuxième partie, nous ouvrirons sur les possibilités de valorisation pastorale que couvrent les stations de Pin à crochets et comment cette donnée peut utilement compléter l'analyse des indicateurs stationnels. Nous terminerons par un bref bilan des applications récentes du Guide des stations sur le territoire concerné ainsi que les perspectives à venir.

3.1 • Stations forestières et Pin à crochets : une apparence d'homogénéité

Essence emblématique de l'étage subalpin, le Pin à crochets est LE marqueur forestier des peuplements entre 1 700 m et 2 200 m, avec le Pin sylvestre et dans une moindre mesure – actuellement –, le Sapin pectiné.



Photo 1 : Un Pin à crochets omniprésent (photo : forêt domaniale de Barrès-Capcir. H. Chevallier).

Le Pin à crochets présente une forte amplitude écologique. On peut le trouver sur des sols divers, sur les versants ensoleillés à affinité méditerranéenne plus ou moins marquée, ou ombragés, à caractère plus boréal. Son extension actuelle, décuplée par la main du forestier (Bartoli M., même Dossier), souligne également son comportement pionnier, avec une forte colonisation sur ce territoire des pâturages et prairies de fauche abandonnées par l'activité agricole. Les conditions stationnelles et les potentialités forestières sont donc de fait très variées.

La clé d'identification des stations forestières du guide Pyrénées catalanes repose sur des critères classiques : substrat – altitude – exposition – groupe d'espèces indicatrices – situation topographique... Elle isole en entrée de clé les stations particulières (stations de ravin et stations avec présence d'eau libre, suintante ou proche de la surface). Les stations sont ensuite réparties en trois grands lots, selon le substrat : calcaire, détritique ou siliceux.

Sur le territoire du PNR PC, le travail de typologie stationnelle a conduit à identifier 46 stations. La diversité et la complexité des conditions stationnelles où le Pin à crochets s'exprime sont soulignées par le nombre de stations le concernant, en tant que peuplement adapté, essence principale ou essence secondaire... : 21 stations (tableau 1).

■ Conditions stationnelles particulières : blocs mobiles (éboulis) ou présence d'eau libre, suintante ou proche de la surface

Groupe des stations humides et de bordure de cours d'eau

HYGRO1	Station tourbeuse (bois tourbeux)
HYGRO2	Station hygrophile du subalpin inférieur
HYGRO3	Station montagnarde de bord de cours d'eau rapide
HYGRO4	Station subalpine de bord de cours d'eau rapide (ripisylves)
HYGRO5	Station hygrophile montagnarde (sources, bord de ruisseau)
HYGRO6	Station méditerranéenne de bord de cours d'eau

Groupe des stations de ravins

RAV1	Station froide sur éboulis non stabilisés
RAV2	Station sèche sur éboulis non stabilisés

■ Clé générale

Groupe des stations sur substrats siliceux

• du subalpin

SUB1a	Station subalpine d'ombrée, mésohygrophile froide
SUB1b	Station du subalpin inférieur en ombrée, mésohygrophile froide
SUB2a	Station mésophile froide du subalpin supérieur
SUB2b	Station mésophile à tendance froide du subalpin
SUB3	Station d'ombrée sèche du subalpin
SUB4	Station en ombrée froide du subalpin sur sols très superficiels à rocheux
SUB5	Station de soulane, du subalpin, à tendance sèche
SUB6	Station sèche du subalpin et montagnard supérieur
SUB7	Station mésoxérophile du subalpin sur sols très superficiels à rocheux

• du montagnard

<i>MONT1</i>	<i>Station montagnarde fraîche</i>
<i>MONT2</i>	<i>Station froide et acidiphile du montagnard supérieur</i>
<i>MONT3</i>	<i>Station à tendance sèche du montagnard</i>
MONT4a	Station sèche et acidiphile du montagnard supérieur (expo intermédiaires)
<i>MONT4b</i>	<i>Station sèche acidiline à neutrocline du montagnard supérieur (expo intermédiaires)</i>
MONT5	Station mésophile montagnarde sur sol profond
<i>MONT6</i>	<i>Station très sèche du montagnard inférieur (soulane)</i>

• du supraméditerranéen

SUPRA1	Station du supraméditerranéen sur sols superficiels, sur schistes
SUPRA2	Station sèche typique de basse altitude sur versant schisteux
SUPRA3	Station moyenne du supraméditerranéen sur schistes
SUPRA4	Station xérophile du supraméditerranéen sur granite
SUPRA5	Station du supraméditerranéen de versant sur sols profonds
SUPRA6	Station du supraméditerranéen de bas de versant et premières terrasses

• du mésoméditerranéen

MED1	Station méditerranéenne sur sols schisteux superficiels
MED2	Station méditerranéenne sur granite affleurant

Groupe des stations sur substrat calcaire

CALC1a	Station de basse altitude sur calcaire
CALC1b	Station méditerranéenne moyenne sur calcaire
CALC2a	Station supraméditerranéenne xérophile sur calcaire
CALC2b	Station supraméditerranéenne sur calcaire et sols moyennement profonds
CALC3	Station montagnarde sèche sur calcaire
<i>CALC4</i>	<i>Station d'ombrée du montagnard – subalpin inf. sur calcaire et sols profonds</i>
CALC5	Station subalpine sur calcaire et sols superficiels
CALC6	Station moyenne du subalpin sur calcaire
CALC7	Station acidiline à neutrophile du subalpin sur calcschistes et cailloutis mélangés

Groupe des stations sur matériaux détritiques

DET1	Station méditerranéenne très sèche sur matériaux détritiques
DET2	Station supraméditerranéenne sèche sur matériaux détritiques
DET3	Station sur matériaux détritiques, sols à tendance limoneuse
DET4	Station de bas de versant sur matériaux détritiques
DET5	Station de colluvions sur matériaux détritiques

Légende

Encadré : station typique de pineraie de Pin à crochets

En gras : station où le Pin à crochets, actuellement essence secondaire, est essence objectif pour les potentialités forestières

En italique : station où le Pin à crochets intervient en essence secondaire, à conserver en essence d'accompagnement pour la diversité (pas d'objectif de production)

En grisé : station hors aire de répartition actuelle du Pin à crochets

Tableau 1 : Liste des stations forestières par type de milieu

3.1.1 • Les stations sur substrat siliceux

3.1.1.1 • Les « vraies » stations de Pin à crochets : suprématie subalpine

Entre 1 650 m et 2 450 m, le Pin à crochets est l'essence dominante des versants d'ombrée. Il partage sa suprématie avec le Pin sylvestre sur les versants mieux exposés. Les potentialités forestières sont cependant très variables et il convient de pouvoir identifier les meilleures stations pour valoriser au mieux l'essence du Pin à crochets selon une conduite de peuplement adaptée. Les stations de Pin à crochets sont discriminées par l'exposition et la situation topographique qui vont définir des situations topo-pédo-climatiques plus ou moins favorables.

Plusieurs groupes d'espèces indicatrices sont utilisés dans la clé pour affiner le choix. La flore dominante, constante sur l'ensemble des pineraies subalpines acidiphiles, appartient aux groupes des acidiphiles (AA), avec un gradient hydrique d'espèces mésophiles (AA1) à mésoxérophiles (AA4). Des groupes spécifiques aux conditions très sèches ou à l'inverse, fraîches ou froides permettent de compléter l'évaluation.

Les groupes d'espèces acidiphiles sont répartis selon le tableau 2.

Sur l'ensemble de ces stations acidiphiles, les sols de type brun acide sont peu structurés, les plus profonds dépassent rarement 40 cm, avec une texture à dominante sableuse (SL, SLA, S et rarement LS), favorisée par l'abondance des substrats cristallins primaires (granites et roches associées). Les humus sont des moder (dysmoder et eumoder les plus fréquents). Les mor sont plus rares, réservés aux stations alticoles.

Le Pin à crochets est l'essence dominante, associée éventuellement au Pin sylvestre ou au Sapin.

On distingue ainsi 3 grands groupes de stations subalpines (tableau 3) :

- **Les stations d'ombrée plus ou moins marquées** : SUB1a-SUB1b-SUB2a-SUB2b-SUB4
- **Les stations sèches** : SUB3-SUB5-SUB6
- **Une station très sèche et rocailleuse** : SUB7

Les plantes caractéristiques de l'étage subalpin (SA) ont été regroupées selon leur caractère indicateur chaleur/froid – sécheresse/fraîcheur (tableau 4a).

On trouvera en annexe à titre d'exemple une fiche de station d'ombrée subalpine sur substrat siliceux.

AA1 – sciaphiles, mésophiles		AA3 – acidiphiles, assez large amplitude	
<i>Adenostyles alliariae</i>	Adénostyle à feuilles d'alliaire	<i>Ajuga pyramidalis</i>	Bugle pyramidal
<i>Lathyrus montanus</i>	Gesse des montagnes	<i>Arnica montana</i>	Arnica
<i>Luzula nivea</i>	Luzule blanc de neige	<i>Deschampsia flexuosa</i>	Canche flexueuse
<i>Poa chaixii</i>	Pâturin de Chaix	<i>Gentiana acaulis</i>	Gentiane acaule
<i>Prenanthes purpurea</i>	Préanthe pourpre	<i>Maianthemum bifolium</i>	Maianthème à deux feuilles
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Myrtille	<i>Melampyrum pratense</i>	Mélampyre des prés
		<i>Pyrola minor</i>	Petite pyrole
Une mousse caractéristique : <i>Dicranum scoparium</i>			
AA2 – hydroclines		AA4 – mésoxérophiles	
<i>Homogyne alpina</i>	Homogyne des Alpes	<i>Cytisus purgans</i>	Genêt purgatif
<i>Oxalis acetosella</i>	Oxalis petit oseille		
<i>Vaccinium uliginosum</i>	Airelle des marais		

Tableau 2 : Groupes d'espèces acidiphiles

Altitude > 1 750 m

Exposition SUD + AA3-AA4	
situation topographique défavorable	haut de versant, éperon rocheux, crêtes
sols très superficiels et rochers affleurants + RO (au moins 1 espèce)	SUB7
une des propositions ci-dessus fausse ; conditions moins extrêmes	SUB6
situation topographique favorable	
	versant, rentrant sur versant
HA1 (au moins 2 espèces) et HA2-AA4	
absence de HA1 ; HA2-AA4 souvent présents	SUB5
Exposition NORD + SA1 avec Rhododendron ou Mélampyre des prés	
> 1 900 m	
présence d'espèces de fraîcheur SA4 - AA2 (au moins 3 en plus du Rhododendron)	SUB1a
absence de ces espèces	SUB2a
< 1 900 m et >1 750 m (1 700)	
<i>situation topographique défavorable</i>	
	haut de versant, sommet, replat perché, croupe, éperon rocheux <i>et</i> HE ou HA1-HA2-RO (exposition Ouest fréquente)
rochers affleurants nombreux <i>et</i> HA1-HA2-HE-RO	SUB4
absence de RO-HA1-HA2 ; présence de HE-PA	SUB3
<i>situation topographique neutre ou favorable</i>	
	versant, exposition Nord (NW-NE)
espèces de fraîcheur : AA2 ou SA4 (au moins 3 en plus du Rhododendron)	SUB1b
absence de AA2 et SA4 ET dominance de AA1 (au moins 3 espèces)	SUB2b

Tableau 3 : Clé des stations forestières subalpines sur substrat siliceux

4a : Caractéristiques subalpines (SA)					
Nom latin	large amplitude héliophile à tendance thermophile mésophile à mésolygrophile fraîcheur/froid				Nom français
	SA	1	2	3	
<i>Adenostyles alliariae</i>				X	Adénostyle à feuilles d'alliaire
<i>Ajuga pyramidalis</i>		X			Bugle pyramidal
<i>Alchemilla saxatilis</i>	X				Alchémille des rochers
<i>Arnica montana</i>				X	Arnica
<i>Astrantia minor</i>				X	Petite Astrance
<i>Cicerbita alpina</i>				X	Cicerbite des Alpes
<i>Cicerbita plumieri</i>		X			Cicerbite de Plumier
<i>Gentiana acaulis</i>				X	Gentiane acaule
<i>Gentiana burseri</i>				X	Gentiane de Burser
<i>Galium verum</i>		X			Gaillet vrai
<i>Geranium sylvaticum</i>				X	Géranium des bois
<i>Homogyne alpina</i>				X	Homogyne des Alpes
<i>Hypericum maculatum</i>	X				Millepertuis maculé
<i>Juniperus communis ssp. nana</i>		X			Genévrier nain
<i>Listera cordata</i>				X	Listère en cœur
<i>Lonicera nigra</i>	X				Camerisier noir
<i>Meum athamanticum</i>		X			Meum faux athamanthe
<i>Peucedanum ostruthium</i>				X	Impéatoire
<i>Phleum athamanticum</i>		X			Fléole
<i>Potentilla erecta</i>	X				Tormentille
<i>Pulsatilla alpina sp. apiifolia</i>				X	Anémone pulsatille
<i>Rhododendron ferrugineum</i>				X	Rhododendron
<i>Rosa pendulina</i>				X	Rosier des Alpes
<i>Rumex arifolius</i>				X	Rumex à feuilles de Gouet
<i>Saxifraga geranioides</i>	X				Saxifrage faux-géranium
<i>Senecio pyrenaicus</i>		X			Séneçon des Pyrénées
<i>Soldanella alpina</i>		X			Soldanelle des Alpes
<i>Thymus serpyllum sp. alpestris</i>				X	Thym serpolet
<i>Trifolium alpinum</i>				X	Trèfles des Alpes
<i>Trollius europaeus</i>				X	Trolle d'Europe
<i>Vaccinium uliginosum</i>	X				Myrtille des marais
<i>Viola biflora</i>				X	Violette à deux fleurs

4 b : Caractéristiques montagnardes (MO)					
Nom latin	montagnarde type chaleur fraîcheur richesse				Nom français
		MO	1	2	
<i>Actea spicata</i>				X	Actée en épis
<i>Cardamine heptaphylla</i>				X	Dentaire
<i>Cephalanthera longifolia</i>			X		Céphalanthère à longues feuilles
<i>Epipactis helleborine</i>	X				Epipactis à feuilles larges
<i>Geum urbanum</i>				X	Benoîte commune
<i>Lathyrus montanus</i>	X				Gesse des montagnes
<i>Melampyrum pratense</i>	X				Mélampyre des prés
<i>Myosotis sylvatica</i>	X				Myosotis des bois
<i>Neottia nidus-avis</i>	X				Néottie nid d'oiseau
<i>Scilla lilio-hyacinthus</i>				X	Scille lis-jacinthe
<i>Stellaria hoslotea</i>	X				Stellaire holostée
<i>Stellaria nemorosum</i>				X	Stellaire des bois
<i>Veronica urticifolia</i>	X				Véronique à feuilles d'ortie
<i>Vicia sepium</i>	X				Vesce des haies

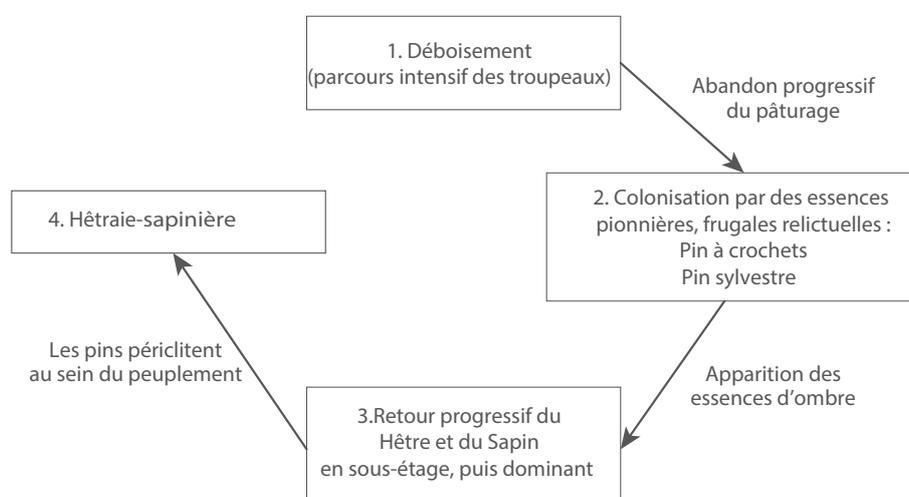
Tableau 4 – Groupes floristiques des stations montagnardes et subalpines

3.1.1.2 • Les stations « montagnardes » : qui se cache derrière le Pin à crochets ?

Comme dans de nombreux autres espaces ruraux et montagnards, la déprise agricole et les changements de pratiques pastorales ont entraîné une évolution de l'occupation de l'espace naturel, principalement aux étages montagnard et subalpin inférieur. Les nombreuses jasses¹ d'altitude disparaissent au profit d'un recrutement de jeunes pins, à crochets ou sylvestre principalement, tandis que les prairies de fauches et les pâturages, s'ils sont abandonnés, sont convoités par des arbustes (Églantier, Prunellier, Genévrier), des essences forestières (Pin à crochets, Pin sylvestre, Frêne)... ou des promoteurs immobiliers.

Le Pin à crochets tient une place toute particulière dans cette chaîne de reconstruction forestière : son comportement pionnier en fait un redoutable agent de reconquête d'espaces ouverts. Pour les jeunes phases de recolonisation, la difficulté pour le forestier revient à bien identifier la station et ses potentialités afin de déceler les éventuelles essences objectif, plus à même de valoriser la station, même si ces essences ne sont peu ou pas présentes à ce jour. Il s'agit principalement d'identifier les stations favorables au Sapin et/ou au Hêtre. Dans d'autres cas, la dynamique spontanée a déjà repris le dessus sur le Pin à crochets.

On peut ainsi schématiser la succession des faciès végétaux sur les versants montagnards autrefois déboisés par l'exploitation du bois de mine ou de charbon :



Le Pin sylvestre joue ce même rôle pionnier sur de nombreux versants, autrefois mis à nu pour le charbon de bois, et qui étaient alors recouverts de hêtraies (exemple du *bac*² de Nohèdes, en Haut-Conflent).

C'est d'ailleurs à ces altitudes intermédiaires que fréquemment le Pin à crochets s'introgresse avec le Pin sylvestre. Le produit résultant, le Pin de Bouget, semble systématique dès que les deux essences sont en contact, à condition toutefois qu'une bonne synchronisation de leur floraison permette les échanges de gènes *via* la pollinisation. On trouve alors des pins à crochets avec des écorces plus claires ou des pins sylvestres avec des cônes à crochets. Ces individus sont fréquents au sein des pineraies catalanes du montagnard et subalpin inférieur.



Photo 2 : Témoin de l'histoire dynamique du peuplement : jumelle de Pin à crochets moribonde dans l'étage dominé de la hêtraie (Conflent). (H.Chevallier)

¹ jasse : bergerie de montagne

² bac = ubac : versant exposé au nord

Dans ce contexte de dynamique des phytocénoses se succédant à l'interface des étages montagnard et subalpin, comment caractériser les potentialités des stations forestières ?

Les plantes caractéristiques de l'étage montagnard (MO) sont utilisées dans la clé (tableau 5) pour dissocier les stations montagnardes des stations subalpines, plus alticoles. Ces espèces (tableau 4 b) ne sont donc à considérer comme discriminantes que par rapport au subalpin. La plupart sont en effet largement répandues au supraméditerranéen sur le territoire.

Altitude comprise entre 1 100 (1 200 m) et 1 750 m	
Situation topographique favorable : bas de versant, plaine ET sols profonds (>60 cm)	MONT5
Autres situations topographiques	
Exposition NORD (NW à NE par le N)	
Altitude < 1 600 m	
indicatrices montagnardes MO1-MO3	
exposition nord franche et au moins 3 espèces en MO3 ; humus doux souvent soulignés par <i>Euphorbia hyberna</i> , <i>Stellaria holostea</i> , <i>Galium odoratum</i>	<i>MONT1</i>
expositions intermédiaires (NW et NE) ; sécheresse soulignée par <i>Chamaespartium sagittale</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Luzula forsteri</i> , <i>Thesium alpinum</i>	MONT4a
absence de MO1-MO3 ou présence d'indicatrices subalpines SA1	SUB2b
Altitude 1 600 -1 750 m	
absence SA4 ET présence AA2 (au moins 1 espèce)	<i>MONT2</i>
au moins une des propositions ci-dessus est fausse	SUB2b
Exposition SUD ou intermédiaire	
Altitude > 1 500 m	
SA1-AA1-AA2-AA3-AA4 (et/ou) (au moins 3 espèces en tout)	
AA2 dominant (Homogyne des Alpes par ex.)	<i>MONT2</i>
AA3-AA4 dominants + HA1	SUB6
AA3-AA4 + absence de HA1	SUB5
SA4 ou absence de (AA2-AA3-AA4-HA1)	SUB2b
absence ou rareté de SA1-AA1-AA2 ET présence MO2-MO1 (2 espèces au moins)	<i>MONT3</i>
Altitude 1 500 m > 1 100 m	
Situation topographique défavorable : exposition SUD franche et/ou forte pente et/ou haut de versant...)	
	SUPRA1
présence d'espèces supraméditerranéennes	SUPRA4
absence d'espèces supraméditerranéennes, montagnardes dominantes	MONT6
Situation topographique moins défavorable : versant, exposition intermédiaire, pentes moyennes, sol assez profond (> 30 cm) (et/ou) ; versants ayant souvent été remaniés en terrasses	
groupes acidiphiles exclusifs	MONT4a
flore variée : acidiphile, acidophile et neutrophile ; buis possible	<i>MONT4b</i>

Légende :

en gras, les stations de Pin à crochets

en italique les stations où le Pin à crochets participe à la strate arborée en tant qu'essence secondaire

en grisé : station non concernée par l'aire d'expression stationnelle des pineraies de Pin à crochets

Tableau 5 : Clé des stations forestières du montagnard et subalpin inférieur sur substrat siliceux

3.1.2 • Les stations d'intérêt patrimonial

3.1.2.1 • Stations sur substrat calcaire

Les stations sur calcaire (calcaires massifs, fissurés et calcshistes) sont beaucoup moins représentées sur le territoire, mais ont un intérêt patrimonial mis en exergue par la directive Habitat Faune Flore. Les pineraies de Pin à crochets sont en effet d'intérêt communautaire sur substrat siliceux, mais sont considérées d'intérêt prioritaire sur calcaire.

Sur ces stations alticoles, il est fréquent que le sol soit décarbonaté sur une profondeur plus ou moins importante, ce qui permet l'expression d'une flore acidiphile (AA1 et/ou AA2). Cette flore peut masquer en partie ou complètement le caractère du substrat. Il convient d'être très prudent et attentif à la nature des cailloux, la présence – même éparse – d'espèces calcicoles (tableau 6) afin d'éviter toute confusion dans la reconnaissance du type d'habitat.

Selon les conditions environnantes, on distingue ainsi 5 stations dominées par le Pin à crochets sur substrat calcaire. (tableau 7).

CA1 -xérocalticoles - large amplitude altitudinale		NC2 - mésophiles	
<i>Coronilla minima</i>	Petite coronille	<i>Aquilegia vulgaris</i>	Ancolie vulgaire
<i>Ononis striata</i>	Ononis striée	<i>Carex flacca</i>	Laîche glauque
<i>Teucrium pyrenaicum</i>	Germandrée des Pyrénées	<i>Daphne laureola*</i>	Daphné lauréole
CA3 – xérocalticoles – montagnard à subalpin		<i>Helleborus viridis</i>	Hellébore vert
<i>Arabis stricta</i>	Arabette	<i>Ligustrum vulgare*</i>	Troène
<i>Festuca gautieri</i>	Fétuque de Gautier	<i>Sanicula europaea</i>	Sanicule d'Europe
<i>Gentiana ciliata</i>	Gentiane ciliée	<i>Viburnum lantana*</i>	Viome lantane
<i>Globularia repens</i>	Globulaire rampante	NC3 -neutrophiles, neutrocalticoles au montagnard	
<i>Knautia arvensis</i>	Knautie d'Auvergne	<i>Carex digitata</i>	Laîche digitée
<i>Pedicularis comosa</i>	Pédiculaire chevelue	<i>Euphorbia dulcis</i>	Euphorbe douce
<i>Polygala calcarea</i>	Polygale des sols calcaires	<i>Hepatica nobilis</i>	Anémone hépatique
<i>Potentilla repens</i>	Potentille rampante	<i>Lilium martagon</i>	Lys martagon
<i>Scabiosa columbaria</i>	Scabieuse colombarie	<i>Lonicera xylosteum</i>	Camérisier à balais
<i>Sesleria albicans</i>	Seslérie blanchâtre	<i>Mercurialis perennis</i>	Mercuriale pérenne
<i>Tanacetum corymbosum</i>	Tanaisie en corymbe	NC4 - neutrocalticoles - montagnard	
<i>Viola hirta</i>	Violette hérissée	<i>Cardamine heptaphylla</i>	Cardamine à sept folioles
NC1 - xéroclines-calticoles au montagnard		<i>Daphne mezereum</i>	Bois joli
<i>Anthyllis vulneraria</i>	Anthyllide vulnérable	<i>Laserpitium nestleri</i>	Laser de Nestler
<i>Bromus erectus</i>	Brome érigé	<i>Lonicera alpigena</i>	Camérisier des Alpes
<i>Bupleurum falcatum</i>	Buplèvre en faux		
<i>Bupleurum ranunculoides</i>	Buplèvre fausse renoncule		
<i>Cephalanthera longifolia</i>	Céphalanthère à longues feuilles		
<i>Coronilla emerus</i>	Coronille arbrisseau		
<i>Epipactis helleborine</i>	Epipactis à larges feuilles		
<i>Genista scorpius</i>	Genêt scorpion		
<i>Helleborus foetidus</i>	Hellébore fétide		
<i>Lathyrus vernus</i>	Gesse printanière		
<i>Limodorum abortivum</i>	Limodore à feuilles avortées		

Tableau 6 : Groupes d'espèces floristiques indicateurs sur substrats calcaires

Altitude > 1 500 m	
Présence d'espèces montagnardes MO1-MO3 et exposition N ou intermédiaire	CALC4
Absence d'espèces montagnardes ou exposition S (SW à SE)	
Situation topographique défavorable	
affleurement rocheux, crête, haut de versant NC1 et/ou NC3 et/ou NC4 (au moins 3 espèces ou 1 mais très abondante)	
Xérocalcicoles CA1 et/ou CA3; sols superficiels à très superficiels	
Altitude > 1 700 m : Pin à crochets dominant	CALC5
Altitude < 1 700 m : Pin sylvestre dominant	CALC3
Absence des xérocalcicoles CA1 et/ou CA3; sols pouvant être caillouteux, mais prospectables	CALC7
Situation topographique favorable ou neutre (versants)	
Neutrocalcicoles NC3 et/ou NC4 (au-moins 3 espèces ou 1 mais très abondante); sols souvent > 30 cm	CALC6
Absence des Neutrocalcicoles NC3 et/ou NC4 Présence CA3 (au moins 2 espèces) et NC2	CALC7
si altitude < 1 700 m et Pin sylvestre très présent, avec espèces xérocalcicoles (CA1-CA2) voir	CALC3

Tableau 7 : Clé des stations forestières subalpines sur substrat calcaire

3.1.2.2 • Station tourbeuse

L'époque glaciaire a modelé les fonds des vallées et plateaux d'altitude, laissant aujourd'hui des cuvettes et dépressions de dimensions variables. Parcourues par un fin chevelu hydrique, ces unités mouilleuses accueillent une végétation spécifique caractérisant l'accumulation de débris végétaux, formant la tourbe. Les formations tourbeuses développées sur le territoire forment un îlot méridional et oriental à l'est de la chaîne des Pyrénées, et se trouvent donc dans des conditions de limite d'aire. On les trouve préférentiellement en altitude, ce qui leur permet de compenser leur latitude basse. Ces formations ne forment jamais de grandes surfaces, d'autant que sur le territoire, les conditions climatiques locales limitent leur développement : les sécheresses estivales sont parfois accusées. Le Pin à crochets constitue un faciès de colonisation de certaines de ces zones tourbeuses (HYGRO1) : sa dynamique est marquée sur les dépressions paratourbeuses. Les pins présentent alors la particularité de pousser au sommet des buttes de sphaignes où la callune s'installe également, et se retrouvent ainsi « surélevés ».

Cette colonisation par le Pin à crochets entraîne des effets antagonistes en station tourbeuse, schématisés ci-dessous.

- **la régression des habitats ombrotrophes et oligotrophes**, due aux facteurs suivants :
 - limitation de l'alimentation en eau du site par l'interception du couvert arboré qui se densifie,
 - assèchement du site;
 - minéralisation des tourbes de surface.
- **le maintien d'une humidité favorable à la conservation du site** :
 - limitation d'une partie de l'évapotranspiration par l'ombre des arbres créée,
 - dessèchement atmosphérique freiné par effet d'écran des arbres de bordure vis-à-vis des vents dominants desséchants.

Il semble en conséquence nécessaire dans le contexte climatique local de permettre le maintien d'un équilibre précaire entre colonisation du Pin et maintien d'une mosaïque tourbeuse, où le couvert arboré reste faible.

Nous sommes ici à la limite de la définition classique de la station forestière. Le couvert y est souvent très lâche (< 30 %). Les potentialités forestières sont nulles. C'est l'intérêt fonctionnel et patrimonial de ces unités qui a motivé leur description dans le Manuel forestier : une occasion de préciser le contexte dynamique de ces formations, leur équilibre fragile et d'inciter le gestionnaire forestier à une prise en compte de ces petites unités stationnelles à l'échelle d'un versant ou d'un massif.

3.2.1.3 • Station hygrophile subalpine

Cette station (HYGRO2) constitue la variante très humide de l'ensemble des pineraies de Pin à crochets que l'on trouve sur le territoire, une variante qui se forme à la faveur le plus souvent d'un micro réseau de ruisselets (chevelu hydrographique fin, et surtout intermittent), qui reste bien différent d'un système tourbeux. Des traces d'hydromorphie sont souvent présentes dans les sols, plus ou moins faciles à déceler étant donné leur dominante sableuse. La flore présente un caractère hygrophile avec *Carex echinata*, *Carex ampullacea*, *Epilobium palustre*, *Deschampsia caespitosa*, *Eriophorum angustifolium*, *Juncus conglomeratus*, *Juncus sylvaticus*, *Molinia caerulea*, *Parnassia palustris*, *Salix cinerea*, *Valeriana officinalis*... un cortège que l'on retrouve dans les prairies à Molinie adjacentes.

3.1.3 • Stations de Pin à crochets : quelles potentialités ?

Le diagnostic forestier établi pour chaque station souligne les facteurs favorables et limitants qui aboutissent à la définition des potentialités forestières. La qualité des bois est dépendante de la station, mais également de l'historique sylvicole du peuplement. De nombreuses pineraies, issues de recrues spontanés, n'ont pas été accompagnées et constituent aujourd'hui des peuplements très serrés, aux individus nouveaux. La qualité est faible, mais ne reflète pas forcément le potentiel de la station.

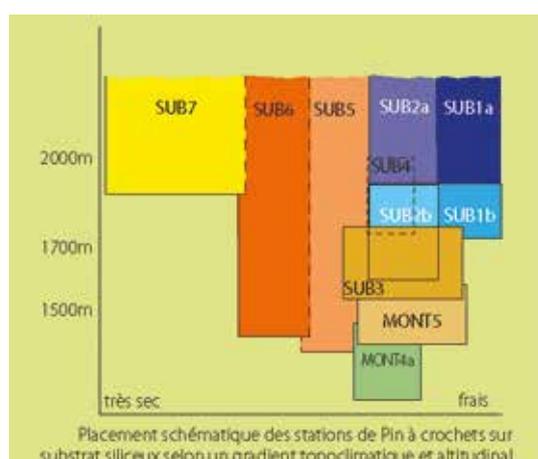
En définitive le Pin à crochets permet de valoriser un large éventail de stations forestières, parfois dans des conditions pédo-climatiques très rigoureuses (tableau 8).

3.1.4 - Essai de rapprochement station/habitat

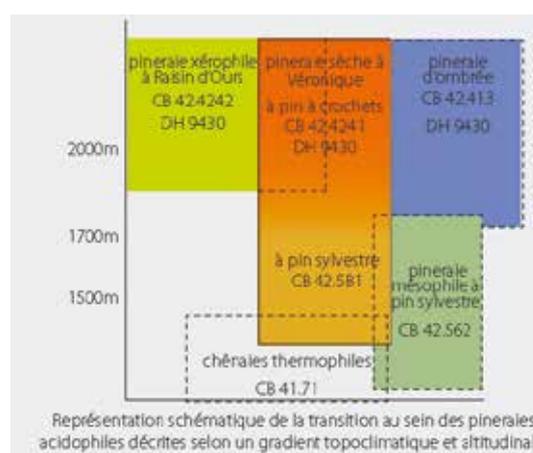
Afin de doter le forestier d'un outil le plus adapté possible et qui puisse servir de référence commune à l'ensemble des usagers concernés par la gestion de ces espaces boisés (ne serait-ce qu'en termes de langage et d'intitulés typologiques), différentes approches complémentaires ont été établies et notamment la prise en compte des enjeux environnementaux. Pour chaque station forestière, un lien avec le ou les habitats potentiels de la Directive Habitats Faune Flore a été proposé. Les espèces sensibles et les précautions relatives à leur conservation ont également été évoquées. Ce sont là des garde-fou, cet outil ne pouvant se substituer à un guide de gestion détaillé et complet.

Certaines stations originales, ponctuelles, ont ainsi été mises en avant du fait de leur intérêt patrimonial (voir en référence plus haut le paragraphe 3.1.2).

Le lien station-habitat est loin d'être une bijection ! (Savoie, 1996). On peut toutefois établir de grands ensembles indicatifs comme ici sur la figure 2 pour les stations subalpines sur substrat siliceux.



▲ a : répartition des stations forestières sur substrat siliceux



▲ b : répartition des habitats naturels sur substrat siliceux

Légende : CB = Corine biotopes DH = Directive Habitats Faune Flore

Figure 2 : Synthèse schématique des stations forestières et des habitats naturels de Pin à crochets

Station	Potentialités forestières					Choix des essences*		Facteurs favorables	Facteurs limitants
	Très bonnes	Bonnes	Moyennes	Faibles	Très faibles	Principales	Secondaires		
SUB1a					X	PX	SP ⁽¹⁾	humidité atmosphérique	altitude élevée, exposition à des vents violents et froid intense
SUB1b		X				PX, SP ⁽²⁾	Hê	exposition nord, bonne rétention en eau	
SUB2a			X	X		PX			altitude élevée, exposition à des vents violents et froid intense
SUB2b		X				PX	PS	conditions thermiques tamponnées : altitude, pente, exposition moyenne	
SUB3			X			PS, PX ⁽³⁾			sol superficiel+couverture herbacée incomplète+couvert forestier faible = évapotranspiration importante
SUB4					X	PX, PS ⁽⁴⁾	So, Tm		percolation rapide liée au substrat filtrant, position topographique défavorable, zones exposées aux vents
SUB5			X			PX, PS ⁽⁵⁾	Hê	situation topographique	altitude, bilan hydrique défavorable
SUB6				X		PX, PS ⁽³⁾			bilan hydrique défavorable
SUB7					X	PX, PS ⁽¹⁾	toutes essences présentes		bilan hydrique défavorable
MONT4a		X	X			PS, PX	So	sols assez profonds, relief doux	sécheresse et altitude
MONT5	X					PS, PX		altitude faible, expositions peu marquées, sols profonds, alluvions glaciaires	
CALC5				X		PX, PS			approvisionnement en eau limité par l'exposition sud; fonte des neiges rapide et précoce, faible volume prospectable par les racines, mauvaise rétention en eau
CALC6		X				PX, PS, SP	SP	sols « profonds » (pour l'altitude : >30 cm) permettant une prospection racinaire correcte	altitude
CALC7		X	X			PS		profondeur et composition des sols	
HYGRO1								engorgement (asphyxie racinaire), sols impraticables	
HYGRO2					X	PX		hydromorphie (asphyxie racinaire)	

(1) sur les secteurs les plus humides, aux altitudes les plus basses de la station (1 900 m).

(2) Sapin pectiné : jusqu'à 1 850 m environ.

(3) Pin sylvestre, jusqu'à 1 800 m, sur les expositions intermédiaires et en limite inférieure de l'étage subalpin; Pin à crochets, seule essence envisageable au-delà de 1 800 m.

(4) Pin sylvestre éventuellement en dessous de 1 800 m mais résultats aléatoires.

(5) Pin sylvestre sur parties basses de la station.

*Abréviations essences : "PX Pin à crochets, PS Pin sylvestre, SP Sapin pectiné, Hê Hêtre, So Sorbier des oiseleurs, Bo Bouleau verruqueux, Tremble Cp Chêne pubescent, Al Alisier blanc

Tableau 8 : Les potentialités forestières des stations à *Pinus uncinata*

3.2 • Des stations forestières, mais aussi pastorales

Les travaux typologiques récents cherchent à appréhender de nombreux enjeux complémentaires qui vont moduler les propositions de gestion possible. Les stations relatives aux pineraies de Pin à crochets sont particulièrement concernées par cette évolution du fait de la multiplicité des enjeux qu'elles génèrent. Deux thèmes ont été particulièrement traités dans les récents travaux menés sur les espaces forestiers et associés, sur le territoire des Pyrénées catalanes : le pastoralisme et les habitats naturels.

3.2.1 • Approche pastorale sous couvert forestier

Historiquement, le ralentissement des activités agropastorales a contribué au déséquilibre progressif de la gestion des zones de pâture (sous- et surpâturage). La déprise pastorale a engendré une forte reforestation naturelle de nombreux espaces d'estives. On trouve aujourd'hui des zones de colonisation forestière sur l'ensemble des estives du territoire.

La réalisation de la typologie des stations forestières a été l'occasion de mener un travail particulier sur les zones forestières dans une optique de potentiel pastoral. Seuls les milieux ouverts avaient alors fait l'objet de travaux réalisés par le SUAMME³ – cartographie et valeurs pastorales. Le Manuel forestier (Chevallier, 2003) a donc ouvert une rubrique dédiée au diagnostic pastoral pour chaque station. Ce travail a été mené sur les formations d'altitude, il a permis d'affiner la valeur des formations boisées, évaluée lors de la réalisation des diagnostics pastoraux et plans de pâturage (Thomas, 2002).

Chaque station fait ainsi apparaître la qualité fourragère de la pelouse du sous-bois en donnant les espèces fourragères potentielles. La valeur pastorale (VP) est un indice qui caractérise la qualité fourragère de la végétation en place sur une pelouse. À partir de travaux d'étalonnage, une VP initiale a été évaluée pour l'ensemble des pelouses, pour un recouvrement herbacé de 100 %. La VP finale sur une unité sylvo-pastorale homogène sera obtenue en défalquant tout ce qui limite la surface fourragère au sol : recouvrement des ligneux hauts (RLH), recouvrement des ligneux bas (RLB), part de sol nu, part d'enrochement, présence de chablis...

Sous couvert des pineraies de Pin à crochets, deux faciès pastoraux principaux sont distingués (au sein d'une liste principale initiale de 16 types) :

- faciès à Canche (12) : pelouse de sous-bois à Canche flexueuse, principalement sous pineraies anciennes et/ou fermées
- faciès à Fétuque (13) : pelouse de sous-bois à Fétuque rouge et Dactyle, caractérisant une pelouse améliorée avec un cortège d'espèces fourragères (usage pastoral actuel ou passé récent).

Dans le Manuel forestier, la VP est retranscrite sous forme de diagramme (voir exemple de fiche SUB2b en annexe). Cette représentation schématique ne peut cependant tenir compte directement, par exemple, de la variation de la VP en fonction de la densité des peuplements, selon l'âge des pineraies, leur histoire, la sylviculture appliquée ou non... L'information est simplifiée, mais donne une idée générale de la VP, et surtout, des possibilités de valoriser les pelouses des espaces boisés. Cette rubrique donne ensuite l'utilisation pastorale optimale en indiquant les périodes d'utilisation adaptées, selon les catégories d'animaux.

Les références pastorales obtenues montrent que ces estives boisées offrent des ressources herbacées non négligeables, pour des animaux à l'entretien principalement. La variabilité de la ressource fourragère sous couvert de pineraie est d'autant plus intéressante à savoir apprécier que ces pineraies occupent de vastes surfaces, procurant ainsi un pâturage moyen en qualité, mais important en quantité. En outre, il existe souvent une variation importante de la ressource pastorale disponible sur les différents types stationnels suivant chaque stade forestier ou en fonction de la densité des peuplements. La valeur pastorale varie théoriquement de 0 à 100, mais reste moyenne à faible en zone forestière ($0 < VP < 25$). Pour indication, sur le territoire concerné, les meilleures formations fourragères sont les anciennes prairies de fauche pour une VP de 45 et les nardaies, largement répandues sur les versants subalpins non forestiers, sont évaluées à 15.

La signification de la VP reste cependant abstraite si on ne lui donne pas un sens en terme d'énergie métabolisable par les animaux qui pâturent (conversion nécessaire pour exprimer la contribution énergétique de la VP).

L'effet tampon du couvert arboré procure une ressource fourragère en forêt, souple d'exploitation par les éleveurs, depuis la fin du printemps jusqu'au début de l'automne. Lorsque les ressources disponibles en milieu ouvert deviennent insuffisantes voire inexistantes, le déficit est comblé par la réserve qu'offrent les ressources pastorales en forêt. Elles sont indispensables pour les éleveurs qui veulent maintenir les animaux plus longtemps en estive.

³ SUAMME : Service d'Utilité Agricole Montagne Méditerranée Elevage disposant depuis 2009 du statut d'Organisme Inter-Etablissements du Réseau de chambres d'agricultures (OIER).

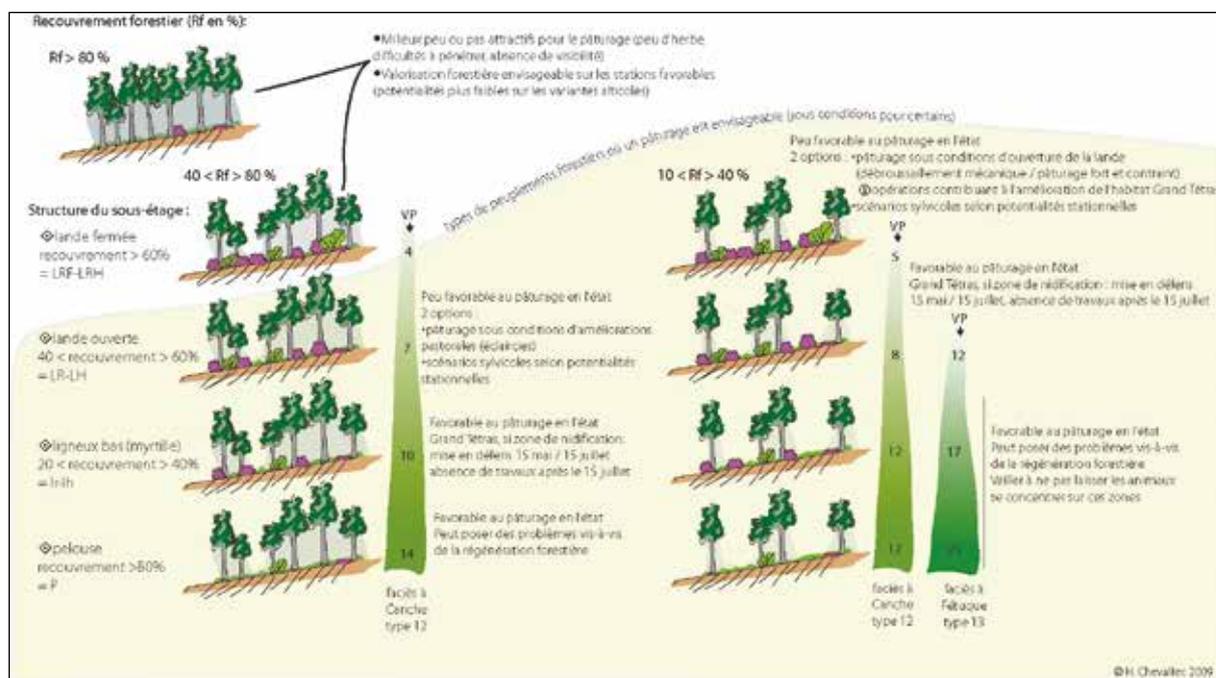
Lorsque l'exploitation des ressources pastorales en forêt est régulière dans le calendrier de pâturage annuel, on parle de soudure. La période critique est celle de la fin de l'été.

Totalement intégrées aux circuits et calendriers de pâturage de ces systèmes d'élevage, les estives sont une pièce maîtresse qui assure un prolongement fourrager et économique incontournable pour la plupart des exploitations pastorales. Les possibilités concrètes d'une association entre sylviculture et élevage, lorsque les acteurs concernés sont volontaires pour les mettre en œuvre, et si, bien entendu, le milieu s'y prête, sont tout à fait envisageables.

3.2.2 • Croisement des enjeux forestiers et pastoraux

Cette approche pastorale menée dans le Manuel forestier a été élargie et précisée dans le cadre de l'élaboration du Guide des milieux agropastoraux (Chevallier *et al*, 2009)⁴. Les pineraies et pré-bois de Pin à crochets ont été repris sous l'angle pastoral (figure 3) en faisant un lien avec les stations forestières et les habitats naturels.

Une fois les potentialités forestières et pastorales évaluées, on peut établir une grille d'analyse croisée. Il s'agira alors de faire des priorités de gestion en sectorisant éventuellement les usages.



Types stationnels concernés : SUB1a-SUB1b-SUB2a-SUB2b-SUB4

Figure 3 : schéma de gestion sylvo-pastorale sous pineraie et pré-bois de Pin à crochets

3.3 • Applications et perspectives

3.3.1 • Utilisation du Manuel forestier en Pyrénées catalanes

Le Manuel forestier a été réalisé sur la base de travaux typologiques préexistants sur certaines zones du territoire du PNR PC (Decaix & Tardieu, 1980; Avray & Jappiot, 1990; Thouvenot, 1993; CRPF Languedoc-Roussillon, 1995). Des prospections complémentaires sur les zones non décrites ont permis d'établir un panorama de l'ensemble des stations forestières du territoire. L'aboutissement de ce travail est un outil technique utilisable sur le terrain avec une attention particulière à la mise en forme des éléments diagnostiques présentés. Il est notamment utilisé pour établir les cartes de stations à l'occasion de la rédaction des aménagements forestiers des forêts publiques.

4 document téléchargeable sur le site du PNR PC : <http://sit.parc-pyrenees-catalanes.fr/fr/guide-agro-pastoral>

3.3.2 • Retour d'expérience en Catalogne sud

Le Manuel a été testé et validé sur le territoire du PNR PC : Capcir-Haut-Conflent et Cerdagne... française. Néanmoins, en partenariat avec les forestiers de Catalogne sud, nous avons pu valider le panel des stations subalpines sur substrat siliceux décrites dans le Manuel sur la Cerdagne espagnole.

Depuis 2003, la caractérisation des stations se fait avec le Manuel forestier dans tous les plans de gestion des Forêts publiques de Cerdanya. Ainsi si le Département d'Environnement de la Generalitat de Catalunya veut exploiter cette donnée, il dispose d'une cartographie détaillée des stations forestières très rapidement (presque toutes les forêts de la Cerdagne ont leur plan). Par contre aucun travail d'analyse *a posteriori* n'a été mené pour comparer les propositions de gestion et d'itinéraires sylvicoles ou pastoraux effectivement données avec celles indiquées dans le Manuel.

Quels sont les écueils ou limites du Manuel ? Principalement une connaissance jugée limitante en botanique, mais cela reste une remarque fréquemment évoquée chez les utilisateurs de typologie de station ! Le doute au moment de classer est en général levé en comparant les fiches de station pour lesquelles la flore nous fait hésiter.

Le Manuel forestier s'avère également incomplet : les stations de Pin à crochets plus méditerranéennes sur la soulane de la vallée de Cerdagne, de Bellver jusqu'à la Seu d'Urgell ne sont pas décrites.

Enfin, l'examen des guides d'interprétation d'habitats font apparaître quelques divergences, aboutissant à des difficultés d'utilisation de cette notion avec le Manuel forestier tel qu'il est établi pour le territoire français.

3.3.3 • Un bel avenir pour le Pin à crochets

Le territoire du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes a permis de mettre en avant la variabilité des conditions stationnelles où le Pin à crochets s'exprime. Elle module nettement les valorisations possibles selon :

- les potentialités forestières ;
- les ressources fourragères ;
- les enjeux patrimoniaux : habitats naturels – habitats d'espèces.

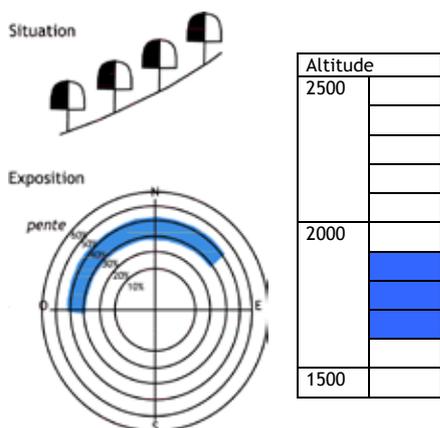
Les meilleures stations de Pin à crochets moyennant un itinéraire sylvicole adapté peuvent donner des produits intéressants, valorisables sur des filières dites "nobles" (bois d'œuvre). Une typologie de peuplements de Pin à crochets, complémentaire à l'approche stationnelle, semblait dès lors constituer un complément d'analyse indispensable à une valorisation optimale des pineraies catalanes. Les premières pierres de cet outil ont été posées par P. Demangeat, 2007c. Restait ensuite à se doter d'informations permettant d'évaluer :

- les contraintes d'usage : fréquentation touristique estivale et/ou hivernale ;
- les contraintes naturelles d'exploitation (risques naturels, accessibilité, etc).

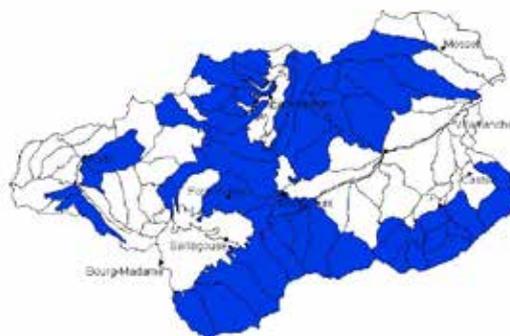
Pour permettre à chacun d'appréhender au mieux l'enjeu qui lui est propre, un Guide transfrontalier de gestion du Pin à crochets dans le cadre du projet européen Unci'plus a été mis en chantier (<http://www.unciplus.eu/>). De quoi valoriser au mieux la diversité des stations de Pin à crochets !

Annexe : Fiche station à tendance froide du subalpin

SUB2b Station mésophile à tendance froide du subalpin



Mots-clés : conditions moyennes (humidité, sécheresse), tendance froide, sécheresse absente



Répartition sur le territoire : très répandue

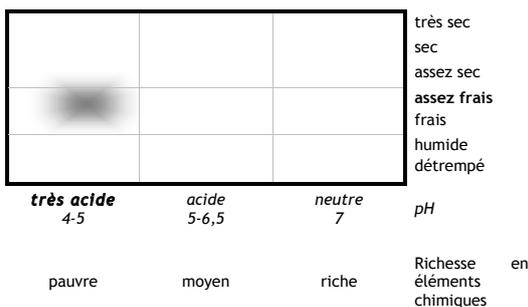
Pédologie

Substrat : substrats siliceux (en particulier schistes et moraines schisteuses, gneiss)

Sols : moyennement profonds, dominante S, SL

Formes d'humus : eumoder, dysmoder

Ressources en eau : précipitations (neige et pluie) ; nébulosité et humidité moins forte que SA1b



Végétation

A1 : Pin à crochets ; A2 : Sorbier des oiseleurs, Bouleau, Pin sylvestre (Sapin absent par manque d'humidité)

a : Rhododendron ferrugineux, Myrtille, Genévrier commun,

h : « Fond floristique » des pineraies de Pc :

Hepatica triloba, *Hieracium gr. murorum*, *Cruciata glabra*, *Stellaria holostea*, *Rubus idaeus*, *Melampyrum pratense*, *Deschampsia flexuosa*, *Agrostis vulgaris*, *Galium verum*, *Campanula sp.*, *Galium sylvestre*, *Hypericum maculatum*, *Euphorbia hyberna*, *Veronica officinalis*, *Brunella sp.*, *Anthoxanthum odoratum*

Une certaine fraîcheur du sol peut être soulignée par la présence de : *Luzula nivea*, *Fragaria vesca*, *Ranunculus nemorosus*, *Rosa sp.*, *Anemone nemorosa*, *Prenanthes purpurea*

On peut avoir un faciès pâturé où le Gispet (*Festuca eskia*) devient monospécifique.

Sur pente plus forte et hauts de versants, on peut trouver une variante plus froide.

Faciès forestiers

.futaies régulières ou irrégulières avec manque des stades jeunes.

Régénération

.bonne à moyenne en règle générale ; peut devenir difficile par forte pression pastorale.

Station à tendance froide du subalpin SUB2b

Diagnostic forestier

Facteurs favorables :

.conditions thermiques tamponnées : altitude, pente, exposition moyennes
 .schistes, moraines : bonne rétention en eau

Facteurs limitants : sur la variante froide, situation topographique défavorable (hauts de versants et pente)

- ▶ bonnes potentialités forestières pour le Pin à crochets, c'est LA station du Pin à crochets
- ▶ qualité des bois : une sylviculture appropriée et dynamique doit pouvoir permettre d'obtenir du bois d'œuvre.

Choix des essences :

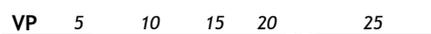
Essences principales :	Boisements possibles :
.pin à crochets	.mélèze d'Europe, si sol assez frais .<1800m : pin sylvestre, attention à la provenance
Essences secondaires :	
.pin sylvestre, pour diversifier, mais résultats attendus équivalents au pin à crochets	

Diagnostic pastoral

Qualité fourragère :

.pelouse (espèce(s) dominante(s)) : *Deschampsia flexuosa*, *Festuca eskia*, *Festuca ovina*

.dans les zones à forte dynamique (milieu plus ouvert) : *Festuca rubra*, *Agrostis* sp., *Dactylis glomerata*, *Poa chaixii*, *Poa trivialis*, *Phleum pratense*, *Trifolium* sp., *Festuca* gr. *ovina*, ...



Utilisation pastorale possible :

.animaux au pâturage : principalement bovins mais aussi équins (Cerdagne surtout) et ovins (Nohèdes, ...)

.utilisation(s) préconisée(s) :

-plutôt l'été (estives découvertes souvent déjà sèches) et jusqu'à début septembre (voire un peu plus, mais dépend des conditions locales de sécheresse et d'enneigement propres à la station).

-bovins : utilisation pouvant assurer l'essentiel de la croissance des veaux et l'alimentation des mères (complémentaire souvent nécessaire)

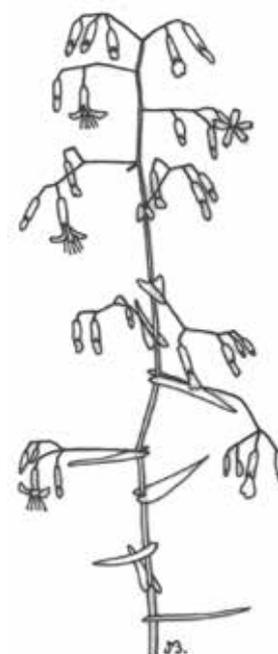
-équins : essentiel de l'alimentation, bon nettoyage des pâtures en fin de saison



	40 à 170 jp/ha
	20 à 90 jp/ha
	30 à 120 jp/ha
	170 à 700 jp/ha

Rattachement aux catalogues de stations existants

Capcir	B7-8
Cerdagne	B3-4
IFN	SA2
CRPF	21



↑ Prenanthe pourpre *Prenanthes purpurea*

attention : cette espèce seule ne caractérise pas la station

SUB2b Station mésophile à tendance froide du subalpin

Approche patrimoniale

Rappel des données topographiques et écologiques

- .forêt du subalpin
- .expositions moyennes à nord
- .sols siliceux

Identification

Ces formations forestières sont souvent récentes (40 à 60 ans), et se sont développées sur d'anciens pâturage. Leur abandon a en effet facilité l'extension du Pin à crochets depuis des altitudes supérieures (subalpin moyen et supérieur), on peut toutefois considérer que les peuplements, même récents, développés dans ces conditions stationnelles correspondent à des formations de Pin à crochets décrites dans la directive.

λ	42.413	forêts pyrénéennes de Pin de montagne à Rhododendron ①	9430
⊕	31.42	landes à Rhododendron ②	⊕

D'un point de vue phytosociologique, ces différents habitats correspondent à :

- ① *Rhododendro ferruginei-Pinetum uncinatae*
- ② *Saxifrago-Rhododendretum*

N.B. : seules les formations de landes à Rhododendron de l'étage alpin sont considérées comme d'intérêt communautaires (4060). Elles forment alors des landes continues, où le Pin à crochets devient anecdotique.

Les très jeunes plantations sont toutefois à ranger sous l'intitulé (**voir aussi Encadré**)

⊕	42.43	.reboisement en Pin à crochets (dans son aire)	⊕
⊕	42.45E	.reboisement en Pin sylvestre (dans son aire)	⊕

Autres plantations :

⊕	42.1B	.reboisement en Sapin	⊕
⊕	83.3	.plantations autres : exotiques ou hors de l'aire naturelle	⊕

ATTENTION Faciès de recolonisation....

Les peuplements de Pin à crochets issus d'une colonisation spontanée par le Pin au montagnard supérieur « faute de concurrents » ne sont pas à considérer comme un habitat de la Directive. Ils constituent en général une phase pionnière.

Comment le savoir ?

L'altitude, la présence d'anciennes terrasses, de murets, sont autant d'indices de l'ancienne occupation du sol.

La consultation d'anciennes cartes postales, de vues aériennes des années 50 peuvent également alimenter la réflexion.

Niveau d'intérêt

La formation « Forêts de Pin à crochets » est propre à la chaîne pyrénéenne et reste la plus répandue sur les Pyrénées Orientales. Cet habitat recouvre des conditions stationnelles variables.

SUB2(a et b) correspondent à la formation type, la plus caractéristique et représentative de l'habitat du Pin à crochets.

Autres habitats adjacents

En liaison dynamique avec : des pelouses à Nard raide (6230), des landes et fruticées à Rhododendron (4060)

En mosaïque avec : des landines à Azalée naine (4060), des pelouses à Gispet (6140), des éboulis (8120, 8110)

Faune - Flore

 grand Tétrás, *Tetrao urogallus*, gall de bosc

Paysage

A l'échelle du massif, cette station et l'habitat correspondant intègrent l'ensemble des pineraies de Pin à crochets qui domine le paysage subalpin sur le territoire (représentation de masse).

Ces stations sont souvent présentes sur les domaines skiables.

Risques et menaces

Incendies : risque peu présent sur ces formations d'ombrées

Etat sanitaire-sensibilité : attaques d'armillaire ponctuellement pouvant ouvrir un peuplement par tâches (trouées de mortalité visibles de loin)

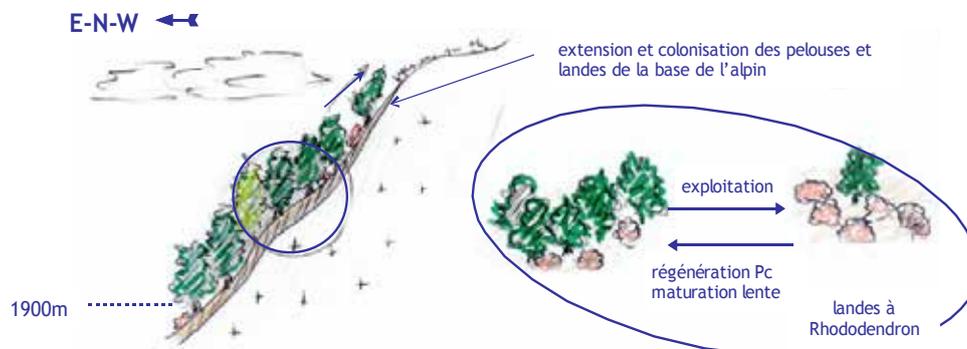
ATTENTION Calcaire décarbonaté....

Ne pas confondre ces formations de Pin à crochets sur silice, avec les pineraies subalpines de Pin à crochets sur calcaire décarbonaté, avec des humus épais et acides : la flore est en effet alors très semblable à la pineraie décrite ici malgré la différence de substrat : outre la connaissance de la géologie du secteur, bien regarder si présence d'espèces neutrocalcicoles (*Carex sempervirens*, *Festuca gautieri*...)

☛ voir clé HABITAT

Station à tendance froide du subalpin SUB2b

Contexte dynamique



C.B.	42.413		→		31.42
D.H.	9430		→		⊕

Précautions et conseils

.En terme de paysage, prêter une attention particulière aux travaux effectués en bordure de pistes de ski : éviter de laisser les rémanents en bordure.

.Attention aux éventuelles hybridations entre Pin mugho plantés et Pin à crochets. En terme d'habitat, on peut être amené si il y a volonté de restaurer l'habitat, à éliminer les Pins mugho existants (attention à la détermination).

Synthèse et scénarios de gestion

.Orienter la sylviculture vers la futaie régulière par parquets ;

.Densités initiales souvent encore très fortes : effectuer alors des dépressages et éclaircies rapidement quand le peuplement est encore jeune et peut réagir ; sinon il s'agit plutôt de « rattraper » le peuplement, c'est souvent le cas pour les faciès issus de colonisation spontanée sur terrains agricoles. Effectuer alors des éclaircies pour tenter de régénérer le peuplement : on peut espérer suivre un itinéraire sylvicole plus « classique » à partir de la rotation qui suivra.

.Si un effort est nécessaire pour aider la régénération, il peut être opportun de mettre en défens la zone à régénérer.

.Maintenir des essences secondaires.

Plantations en général :

.Préférer conserver les essences locales spontanées, plutôt que d'introduire des essences allochtones.

.L'optique Pin à crochets semble une bonne alternative et doit permettre, moyennant une sylviculture dynamique avec des éclaircies précoces, de valoriser à leur hauteur ces peuplements largement répandus.

.Dans l'éventualité de plantations de Pin sylvestre, rester prudent et vigilant quant à la provenance et l'altitude de la station.

BIBLIOGRAPHIE 4^e PARTIE

- Auvray F. & Jappiot M. 1990 – *Typologie du Conflent*. Inventaire Forestier National, Montpellier, 252p. + annexes.
- Bardat J. *et al.* 2001 – *Prodrome des végétations de France*. Version 01-2 [14/12/2001], 143 p.
- Bartoli M. *et al.* 2002 - Aux limites de l'extrême... Le pin à crochets. *Arborescences* **96** : 10-29.
- Baudière A. 1971 – *Les milieux supra forestiers des montagnes du Bassin occidental de la Méditerranée*. Colloque, Société Botanique de France.
- Bissardon M. & Guibal L. 1997 (Dir. : Rameau J.C.) – *CORINE Biotope. Version originale. Types d'habitats français*. Ed. ENGREF, 175 p.
- Bolos O. 1962 – *Les étages de végétation dans les Pyrénées*. Annales de la Fédération Pyrénéenne d'Économie Montagnarde, XXVIII : 1-6.
- Braun-Blanquet J. 1948 – *La végétation alpine des Pyrénées orientales*. SIGMA, Barcelone, 98, 306 p.
- Cabidoche Y.-M. 1979 – *Contribution à l'étude des sols de haute montagne*. Thèse 3^e cycle Université de Montpellier – ENSAM, 2 tomes : 152 et 25 p.
- Cantegrel R. 1980 – *Étude biosystématique de deux populations pyrénéennes de pin à crochets (Pinus uncinata Ramond) : Anie et Néouvielle*. Mémoire ENITEF - UPPA, 62 p.
- Cantegrel R. 1983 – Le Pin à crochets pyrénéen : Biologie, Biochimie, Sylviculture. *Act. biol. mont.* **2-3**, Dendaletche Ed., *Biocénoses d'altitude n° 1 : La forêt subalpine (Pyrénées)* : 87-330.
- Cantegrel R. 1987a – Seuils écologiques et organisation biologique des pineraies alticoles de *Pinus uncinata* Ram. : nouvelles perspectives en Néouvielle (Pyrénées occidentales). *Société Botanique de France - groupement scientifique ISARD, Actes du colloque international de botanique pyrénéenne - La Cabanasse (P-O), 3-5 juillet 1986* : 193-208.
- Cantegrel R. 1987b – Productivité ligneuse et organisation des marges forestières à *Pinus uncinata* Ram. en Pyrénées occidentales. *Instituto Pirenaico de Ecología - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Jaca, Pirineos* **130** : 3-27.
- Cantegrel R. 1989 – La régénération du Pin à crochets à sa limite occidentale : première approche cartographique (Massif d'Anie ; Pyrénées). *Acta biol. mont.* **9**, Dendaletche Ed., *Biocénoses d'altitude (3)* : 169-178.
- Cantegrel R. 1999 – Esquisse biographique d'un conifère oropyrénéen : *Pinus uncinata* Ramond. *Les feuilles du Pin à crochets*, Ed. du Pin à crochets, Pau, **(1)** : 5-12.
- Cantegrel R. 2010 – La rupisylve karstique du massif d'Anie : un peuplement original de Pin à crochets dans les Pyrénées occidentales, in *Le karst, indicateur performant des environnements passés et actuels. Journées de l'Association Française de Karstologie, Actes du colloque Arette - La Pierre-St Martin, 6-9 septembre 2007, Karstologia Mémoires n° 17* : 140-145.
- Centre Régional de la Propriété Forestière Languedoc-Roussillon 1995 - *Forêts du Conflent. Guide des stations forestières*. CRPF, 64p.
- Chauliac C. 2005 – *Synthèse bibliographique des formations végétales alpines et subalpines des Pyrénées Orientales - Secteurs du Madres*. Note technique interne, Réserve Naturelle de Nohèdes, 51 p.
- Chauliac C. & Loustalot-Forest F. 2013 - *Typologie des habitats naturels du Haut Béarn* – Tome 1, Rapport d'étude ONF à paraître.
- Chevallier H., Bassignot C., Bussière J., Mariton B. 2001 - Approche dynamique et intégrée d'un territoire forestier dans les Pyrénées catalanes. *Revue Forestière Française*, numéro spécial 2001, **53** : 226-234.
- Chevallier H. 2003 – *Forêt et milieux remarquables associés en Pyrénées catalanes*. Projet de Parc naturel régional des Pyrénées catalanes. Région Languedoc-Roussillon, 356 p.
- Chevallier H., Office national des forêts 66, Association gestionnaire de la Réserve naturelle de Nohèdes 2009 – *Guide agro-pastoral. Parc naturel régional des Pyrénées catalanes*. En ligne : <http://sit.parc-pyrenees-catalanes.fr/fr/guide-agro-pastoral>.
- Chouard P. 1943 - Le peuplement végétal des Pyrénées centrales. 1 : Les montagnes calcaires de la vallée de Gavarnie (suite). *Bull. Soc. Nat. Bot Fr.*, **90** : 1-4 & 25-29.
- Collectif 2007 – *Interpretation Manual of European Union Habitats* - EUR27, July 2007. European Commission, DG Environment, Nature and Biodiversity.
- Conservatoire botanique pyrénéen, 2006 - *Catalogue régional préliminaire des habitats naturels d'Aquitaine*. CBN MP/CBSA. Sept 2006.
- CTFC 2006 – *Catalogue des zones prioritaires pour la conservation dans les forêts subalpines*. Projet SYLVAN, chap. 6.
- CTFC 2006 – *Guide pour la gestion forestière et la conservation de la biodiversité des forêts de Pin à crochets du versant Sud des Pyrénées*. Projet SYLVAN, chap. 7.

- Decaix G. & Tardieu F. 1980 – *Étude écologique et définition des stations forestières en Capcir – Cerdagne et Haut-Conflent*. ONF Subdivision de Prades, ENITEF, 69 p. + annexes.
- Demangeat P. 2007a – *Le Pin à crochets dans les Pyrénées-Orientales. Synthèse des connaissances actuelles*. ENGREF-AgroParisTech, ONF66, Tome 1, 62 p.
- Demangeat P. 2007 b – *Guide de gestion des Pinaies à crochets. Esquisse d'un manuel de gestion multifonctionnelle*. Rapport de stage ENGREF-AgroParisTech, ONF66, Tome 2, 76 p.
- Demangeat P. 2007c – *Élaboration d'un outil de description des peuplements forestiers de Pins à crochets. La typologie des peuplements forestiers de Pins à crochets du massif pyrénéen*. Rapport de stage ENGREF-AgroParisTech, ONF66, Tome 3, 52 p.
- Dendaletche Cl. 1973 – *Écologie et peuplement végétal des Pyrénées Occidentales. Essai d'écologie montagnarde*. Thèse Doctorat d'Etat - Université de Nantes, 661 p.
- Dupias G. 1985 – *Carte de la Végétation de la France au 200 000^e - Notice détaillée de la partie pyrénéenne des feuilles 69 Bayonne, 70 Tarbes, 71 Toulouse, 72 Carcassonne, 76 Luz, 77 Foix, 78 Perpignan*. CNRS.
- Fallour-Rubio D., Chauillac Ch., Paturol M. 2011 – *Cartographie des habitats naturels et de la flore protégée au sein de la station de ski de la Pierre-Saint-Martin* (Massif de l'Anie, Pyrénées-Atlantiques, France).
- Gégout J.-C., Rameau J.-C., Renaux B., Jabiol B., Bar M., Marage D. 2008 – *Les habitats forestiers de la France tempérée; typologie et caractérisation phytoécologique*. AgroParisTech-ENGREF, Nancy. Version provisoire nov. 2008, 720 p. + 6 annexes.
- Gruber M. 1978 – *La végétation des Pyrénées ariégeoises et catalanes occidentales*. Thèse Etat, Aix-Marseille III, 305 p.
- Gruber M. 1997 - Les pinèdes sylvestres mésophiles des Hautes-Pyrénées (France). Laboratoire de botanique et écologie méditerranéenne, Faculté des sciences de Saint Jérôme, *Bull. Soc. Nat., Toulouse*, 133 : 15-19.
- Izard M. 1988 – Sur la continentalité dans les Pyrénées et son impact sur la végétation, in *Homenaje a Pedro Montserrat*. Jaca. Losa M. et Montserrat P. (1947).
- Martínez Carcía F. & Montero G. 2000 – Typology of *Pinus sylvestris* L. forests in Spain. *Invest. Agr., Sist. Recur. For.*, Fuera de Serie n° 1-2000 : 41-65.
- Muséum national d'histoire naturelle, collectif 2001 – *Cahiers d'habitats Natura 2000, Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire* : Tome 1 Les habitats forestiers, vol. 1 & 2. La documentation française.
- Ninot, J. M., Carrillo E., Font X., Carreras J., Ferré A., Masalles R. M., Soriano I., Vigo J. 2007 – Altitude zonation in the Pyrenees. A geobotanic interpretation. *Phytocoenologia* 37 (4) : 371-398.
- Olicard L., Prud'homme F., Corriol G. 2009 – *Pré-typologie des habitats naturels de 7 sites Natura 2000 des montagnes Vasco-Béarnaises*.
- Rameau J.-Cl. 1994 – *Typologie phytosociologique des habitats forestiers et associés, Types simplement représentatifs ou remarquables sur le plan patrimonial*. Tome 3, Ministère de l'agriculture et de la pêche, ENGREF «Forêts».
- Rameau J.-Cl., Chevallier H. & Bartoli M. 2001 – Pinaies de Pin à crochets calcicoles des Pyrénées. In *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, Cahiers d'habitats Natura 2000, t. 1*, La documentation française, *Habitats forestiers*. (2) : 248-249.
- Rivas-Martínez S. 1968b - Estudio fitosociológico de los bosques y matorrales pirenaicos del piso subalpino. *Publ. Inst. Biol. Apl.* 44 : 5-44.
- Rivas-Martínez S. 1983 – Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa* 5 : 33-43.
- Rivas-Martínez S. 1987 – *Mapa de series de vegetacion de España*. ICONA, Madrid.
- Rivas-Martínez S., Bascones J. C., Diaz T. E., Fernandez-Gonzalez F., Loidi J. 1991 – Vegetacion del Pirineo occidental y Navarra. - *Itinera Geobotanica*, 5 : 5-455.
- Savoie J.M. 1996 - *Rapprochement entre types de stations et habitats forestiers des Pyrénées centrales*. ONF, Direction Technique et Commerciale, 105 p + annexes.
- Thomas M. 2002 – *Mise en place de références d'utilisation pastorale d'estives sous formation de Pin à crochets (Pinus uncinata)*. ESA Purpan, SIME, projet de Parc naturel régional des Pyrénées Catalanes.
- Thouvenot L. 1993 – *Les types de stations forestières dans la Réserve Naturelle de Py. La forêt de la Rotja*. Association gestionnaire de la Réserve Naturelle de Py. DDAF Pyrénées Orientales, 158 p.
- Timbal J. & Lazare J.J. 1996 - Les groupements forestiers d'Aquitaine : essai de synthèse phyto-sociologique. *Colloques phytosociologiques*, XXVI : 107-126.
- Vigo J. 1968 – Notas sobre la vegetacion del valle de Ribes. *Collect. Bot.* 7 (2) :1171-1185.

Vigo J. 1974 – A propos des forêts de conifères calcicoles des Pyrénées Orientales. *Doc. Phytosociol.* **7-8** : 51-54.

Vigo J. 1979 - Les forêts de conifères des Pyrénées Catalanes. Essai de révision phytocénologique. *Doc. Phytosociol.* N.S. Vol. IV : 929-941.

Villar L. & Soriano I. 1999 - Variété et richesse floristique des forêts subalpines de pin à crochets dans les Pyrénées. *Les feuilles du Pin à crochets*, Ed. du Pin à crochets, Pau, **(1)** : 41-53.

5^e PARTIE

***APERÇU DE LA FAUNE PATRIMONIALE
DES PINERAIES SAUVAGES DANS LES
PYRÉNÉES***

1 • LE GRAND TÉTRAS ET LA GESTION FORESTIÈRE DES PINERAIES ONCINÉES

Renaud Cantegrel* et Emmanuel Ménoni*

**337 Bd du Cami Salié F -64000 PAU renaudcantegrel@orange.fr*

**Office national de la chasse et de la faune sauvage, Impasse de la Chapelle,
F-31800 VILLENEUVE DE RIVIERE emmanuel.menoni@oncsf.gouv.fr*

La présente synthèse est extraite de l'ouvrage issu du programme transfrontalier Gallipyr (2008-2012) dédié aux galliformes de montagne, coordonné par E. Ménoni et intitulé Réflexion technique pour la prise en compte du Grand tétras dans la gestion forestière pyrénéenne (Ménoni et al., 2012). S'y ajoutent quelques données spécifiques aux Pyrénées occidentales (R. Cantegrel).

Grand merci

à José Revenga pour les illustrations

Avec quelques milliers de Grand Tétras, encore appelé urogalle, Coq de bruyère, ou plus communément Coq, les Pyrénées abritent la totalité des effectifs de la sous-espèce Tetrao urogallus aquitanicus. Si ce galliforme se rencontre fréquemment dans les vieilles forêts montagnardes et en lisière supérieure de la hêtraie-sapinière pyrénéenne, il s'avère très présent dans les pineraies altimontaines et subalpines particulièrement abondantes au revers méridional de la chaîne ainsi que dans les massifs orientaux.

On se borne ici à souligner les caractéristiques majeures des habitats d'altitude et les recommandations sylvicoles de nature à favoriser la dynamique du Grand Coq de bruyère.



Photo 1 : Homochromie du Grand Coq perché dans un Pin à crochets. (photo L. Camou)

1.1 • Un galliforme issu des forêts boréales

1.1.1 • Une prédilection pour les habitats forestiers d'altitude

Isolé dans les Pyrénées depuis l'avant-dernière glaciation, le Grand Tétrás a dû s'adapter à un contexte écologique sensiblement différent de son aire d'origine qui s'étend des Pays scandinaves à la Sibérie et de l'Écosse à l'Europe centrale. Au niveau climatique, l'aire pyrénéo-cantabrique de l'urogalle se singularise par sa latitude méridionale, soumise aux influences de l'Atlantique et de la Méditerranée, avec de forts contrastes géographiques et thermiques.

Du Pays Basque jusqu'à la Catalogne la diversité des conditions bioclimatiques des habitats pyrénéens du Grand Tétrás apparaît sur la figure 1.

De surcroît, les écosystèmes de nos montagnes se trouvent profondément oblitérés par des siècles d'activités humaines, d'où l'originalité du contexte pyrénéen par rapport à celui de l'aire boréale et centro-européenne du Grand Tétrás.

Selon les généticiens, l'oiseau a déjà sensiblement divergé des autres sous-espèces d'Europe centrale et des forêts boréales. Cette originalité de la sous-espèce méridionale se traduit notamment par des différences dans sa morphologie, sa biologie et son écologie. Ainsi qualifie-t-on la métapopulation des Pyrénées, avec celle des Monts Cantabriques, d'*evolutionary significant unit* (ESU), i.e. *d'unité taxonomique en phase avancée de spéciation*.

Il résulte de l'ensemble des spécificités biogéographiques et biologiques de *Tetrao urogallus aquitanicus* que les outils de gestion favorable à l'espèce dans les autres contextes ne sauraient être directement transposés à la chaîne des Pyrénées.

1.1.2 • Des forêts ouvertes, pluristratifiées, peu productives

Parmi les conditions abiotiques de milieu, les conditions les plus favorables au Grand Tétrás se résument ainsi :

- l'acidité des horizons superficiels du sol ;
- la faible fertilité des stations forestières.

Ces variables conditionnent le type de végétation et l'aptitude des peuplements à maintenir un couvert discontinu :

- les positions topographiques dominantes et élevées ;
- les étages montagnards supérieur et subalpin offrent la plupart du temps de meilleures conditions de vie au Grand Tétrás que les étages inférieurs ;
- la consistance clairière des peuplements.

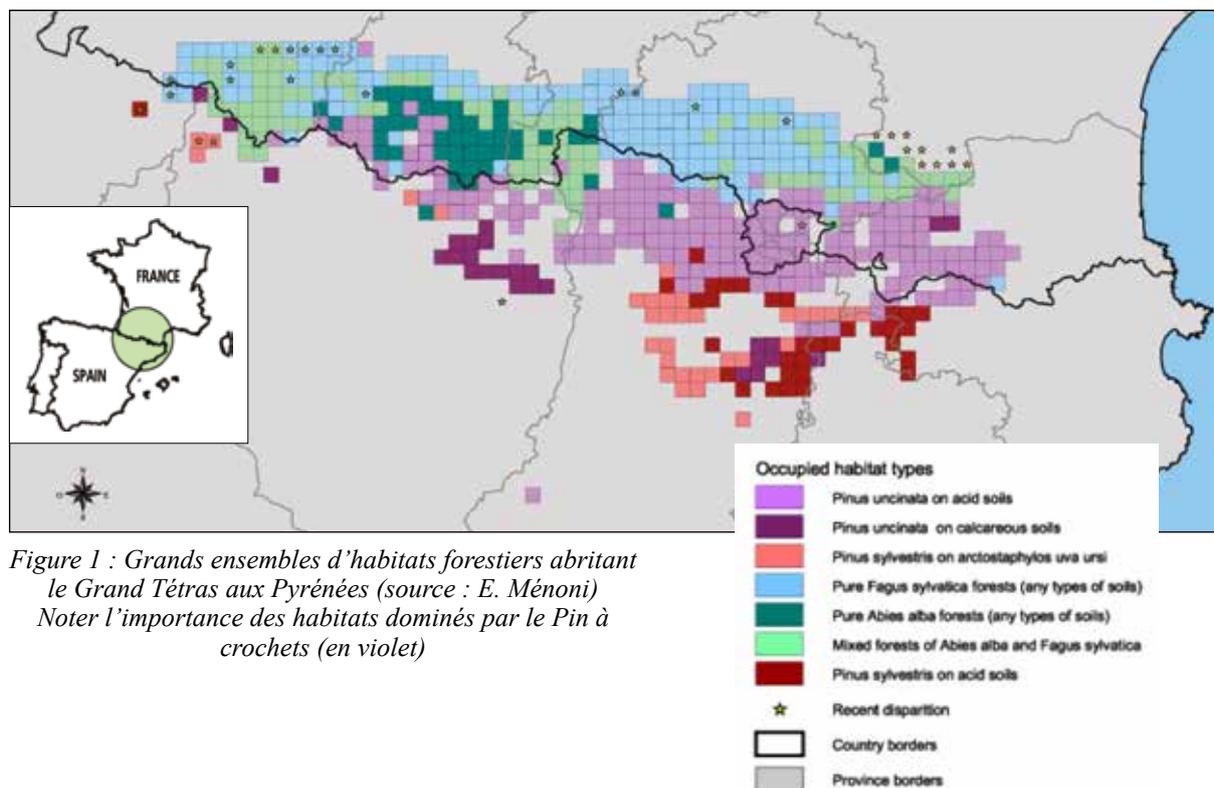


Figure 1 : Grands ensembles d'habitats forestiers abritant le Grand Tétrás aux Pyrénées (source : E. Ménoni)
Noter l'importance des habitats dominés par le Pin à crochets (en violet)

Tout élément du paysage qui permet d'éviter durablement la fermeture du couvert forestier (petit éboulis, couloir d'avalanche, tourbière...) constitue un atout précieux.

La présence des strates ligneuses basses compose, avec le recouvrement de la strate arborescente, une autre des caractéristiques essentielles à la conservation du Grand Tétrás dans une parcelle, en particulier pour les fonctions de reproduction, pour l'alimentation des oiseaux entre mai et novembre, et pour leur effet d'abri durant cette période. La vigueur de ces strates est naturellement corrélée avec le caractère clairié ou semi-ouvert du peuplement forestier.

Quelle que soit sa composition floristique, l'oiseau recherche une strate frutescente de 25 cm à 80 cm de hauteur, la plus continue possible, sauf s'il s'agit de ligneux tels que le rhododendron ou les genêts, qui deviennent défavorables au delà de 90 % de recouvrement.

En cas de *formations basses agencées en mosaïque*, la situation devient d'autant plus favorable que le grain de la mosaïque est fin (25 m² constituent l'optimum).

1.1.3 • Les conifères convoités par le Grand Tétrás

La présence du Grand Tétrás dans une forêt s'avère bien plus conditionnée par la structure des peuplements que par sa composition en essences dominantes. Les résineux sont toutefois nécessaires à l'alimentation hivernale, et, parmi les conifères, l'urogalle préfère très largement les Pins à crochets et sylvestre à toutes les autres essences. Cette préférence tient en bonne partie à la faible teneur en terpènes de leurs aiguilles, ce qui leur confère une bien meilleure digestibilité. Les terpènes sont en effet des inhibiteurs des bactéries cellulolytiques nécessaires à l'assimilation de cette alimentation très ligneuse, permettant ainsi d'éviter toute disette en période hivernale, même lorsque la neige recouvre sol pendant plusieurs mois.

Les deux essences, réunies souvent sous l'appellation de *pins sauvages* par les auteurs anciens, présentent des similitudes morphologiques en altitude et s'avèrent interfertiles, l'hybride pyrénéen étant traditionnellement nommé Pin de Bouget (*Pinus bougeti* Flous). Tous les efforts consentis pour favoriser ces espèces affines, voire les réintroduire, se révèlent extrêmement utiles au Grand Tétrás, y compris dans tous les contextes bioclimatiques où elles sont rares ou absentes. La plasticité et la rusticité de ces essences justifient pleinement leur reconquête des espaces où les activités de l'homme ont depuis des millénaires grandement contribué à leur raréfaction dans les Pyrénées centrales et occidentales, voire à leur disparition localisée.

Le Grand Tétrás se révèle plutôt sélectif dans le choix des arbres utilisés dans sa phase arboricole : ils doivent présenter une architecture adéquate, caractérisée principalement par la distribution de branches plus ou moins horizontales jusqu'au niveau du sol. De tels conifères se rencontrent habituellement soit en lisière de forêt, soit en peuplement très clair. Dans des conditions idéales, de tels arbres bas branchés doivent être bien distribués, de sorte que les oiseaux puissent en disposer sans avoir à effectuer de longs déplacements. Plusieurs feuillus divers (bouleaux, saules, sorbiers), particulièrement abondants au niveau des lisières, constituent des arbres nourriciers importants en particulier au printemps pour les poules reproductrices. Au sein d'une même essence, il s'avère que certaines tiges sont plus recherchées que d'autres pour l'alimentation. Cette sélection provient d'une teneur en nutriments (sucres et protéines) significativement plus forte, que les oiseaux détectent fort bien. Ces arbres appétents sont fréquemment en situation de stress de par les conditions stationnelles environnantes, en lisière supérieure par exemple, ou leurs conditions physiologiques, comme les arbres très âgés ou longtemps dominés (Leclercq, 1988).



Photo 2 : Cisaillement d'aiguilles de Pin par le Grand Tétrás.
(photo E. Ménoni)

Enfin le bois mort, tant sur pied que renversé, peut remédier à un déficit de stratification, en particulier dans des peuplements régularisés.

1.1.4 • La singularité des habitats pyrénéens

Dans les écosystèmes forestiers abritant le Grand Tétrás, règnent aux Pyrénées des conditions écologiques sensiblement différentes de celles qui caractérisent les forêts boréales. Certaines de ces différences jouent plutôt en faveur de l'espèce, d'autres en sa défaveur.

Très schématiquement, la grande diversité stationnelle rencontrée dans les Pyrénées, résultant de la complexité géologique et orographique et des contrastes climatiques de ces montagnes méridionales, permet aux oiseaux la réalisation de leur cycle biologique sur des surfaces réduites. Cette adéquation au contexte pyrénéen compense en partie le taux de fragmentation élevé des peuplements forestiers favorables, qui résulte du relief marqué et des activités humaines passées et présentes.

En revanche, le niveau de prédation sans doute accentué, joint à la rareté des résineux, des pins en particulier, constitue un réel facteur limitant.

Cependant, l'aptitude du Grand Tétrás pyrénéen à utiliser des milieux à peine arborés (landes et pelouses supraforestières), au moins au versant nord, lui confère un atout certain par rapport à ses congénères des forêts boréales où les habitats correspondants sont occupés par d'autres espèces.

1.2 • Les peuplements d'altitude favorables au Grand Tétrás

1.2.1 • Les lisières forestières

Bien que le Grand Tétrás ne soit pas spécifiquement un oiseau de lisière, dans le cas où les peuplements sont denses, ce sont les lisières internes, et plus encore la lisière supérieure de la forêt, qui permettent le maintien de noyaux de population.

Les lisières constituant un élément du paysage fortement façonné par l'activité pastorale et forestière, elles peuvent présenter des faciès plus ou moins simplifiés par ces pratiques. Le Grand Tétrás y trouve d'autant plus de conditions de vie satisfaisantes que les écotones sont diversifiés, structurés et sinueux, par opposition aux lisières rectilignes et ultra-simplifiées juxtaposant par exemple un peuplement forestier adulte à une pelouse pâturée.

Dans les Pyrénées occidentales, Dendaletche a montré l'importance trophique de la ceinture altimontaine à bouleaux et sorbiers située à l'interface des étages bioclimatiques montagnard et subalpin. Cette biocénose marquée par l'abondance de *Betula sp.* et *Sorbus sp.* (figure 2) se caractérise par une très bonne productivité biologique due à une forte humidité atmosphérique, de type montagnard, conjuguée à un bon ensoleillement, de type subalpin (Dendaletche, 1974). L'effet de serre qui en résulte favorise le développement de plantes à fruits charnus tels que *Rubus idaeus*, *Vaccinium myrtillus*, ... très appréciés par la faune sauvage dont le Coq de bruyère.

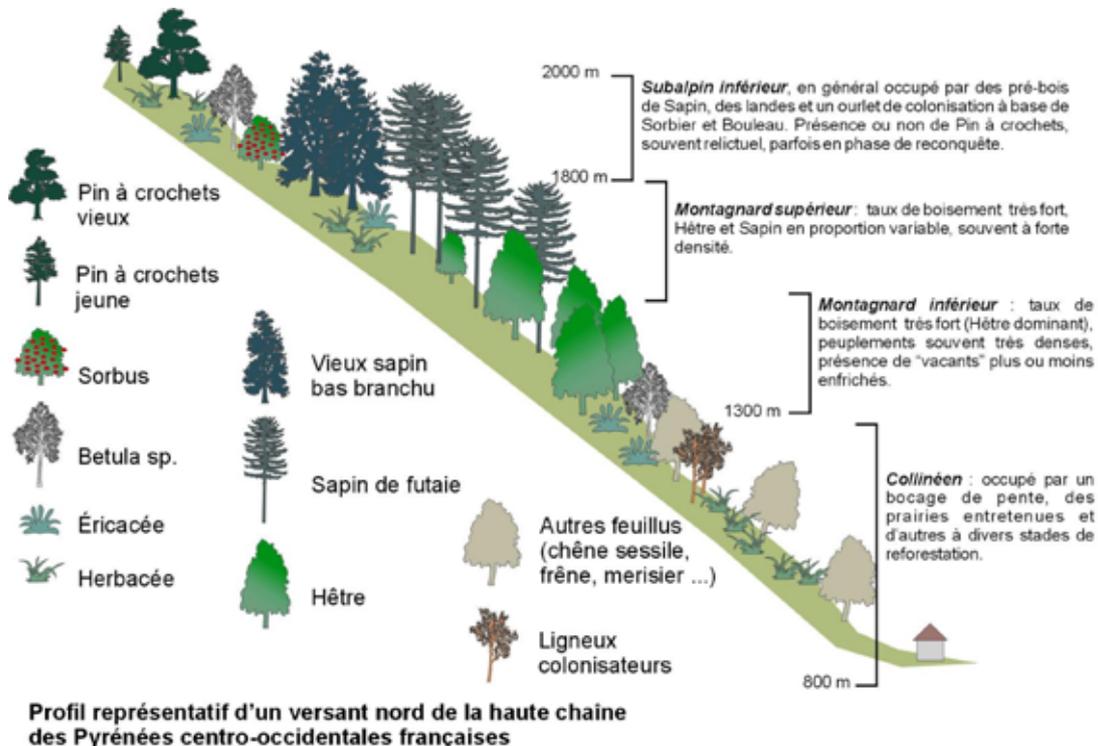


Figure 2 : Le subalpin inférieur et la ceinture altimontaine à Bouleau et Sorbier sont aux ombres des Pyrénées centrales et occidentales les niveaux les plus favorables au Coq

1.2.2 • Les sous-bois des pineraies claires

Sont notamment concernées les pineraies sylvestre et à crochets claires dominant un sous-bois riche avec *Sorbus aucuparia* et *S. chamaemespilus*, *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Rosa pendulina* et *Rubus idaeus*.

Une mention spéciale pour les sous-bois à Raisin d'ours (*Arctostaphylos uva-ursi*), accompagné de plantes herbacées typiques des pineraies sur sol calcaire (Pin à crochets ou sylvestre). Le Raisin d'ours peut dominer le sous-bois, à moins d'une présence par taches dispersées associée à des arbrisseaux tels que *Juniperus communis* subsp. *nana*, *Cotoneaster integerrimus*, *Calluna vulgaris*, *Rosa pendulina*, *Vaccinium myrtillus*, *Rhamnus alpina*, *Genista balansae* et des plantes herbacées par exemple *Festuca gautieri*, *Cruciata glabra*, *Hieracium murorum*, *Polygala calcarea*, *Anemone hepatica* ou *Deschampia flexuosa* et quelques mousses dont le recouvrement peut être important. Il s'agit de formations surtout présentes dans certaines parties des Pyrénées catalanes et aragonaises, et leur utilisation par le Grand Tétrás constitue d'ailleurs une des spécificités écologiques de la population pyrénéenne de cet oiseau.

1.2.3 • Les pineraies oncinées sur sols calcaires

Les pineraies oncinées¹ constituent des formations peu productives, toujours favorables au Grand Tétrás, au moins pour l'hivernage, et dès que la nature de la végétation compagne le permet, pour toutes les autres fonctions. Très localisées en France (elles couvrent les « Arres »² inférieures du massif karstique d'Anie, en limite occidentale de l'aire du Pin à crochets), elles occupent des surfaces plus ou moins étendues en Aragon et en Catalogne.

Elles restent en général hors sylviculture, et à préserver car il s'agit de peuplements rares à l'échelle européenne, classés prioritaires par la directive Habitats. Aussi veillera-t-on à éviter les phénomènes qui pourraient contrer leur régénération et, là où elles demeurent très localisées, leur extension (e.g. occurrence de feux pastoraux, et parfois atteinte aux bourgeons terminaux des jeunes sujets par le ski hors piste ou de randonnée).

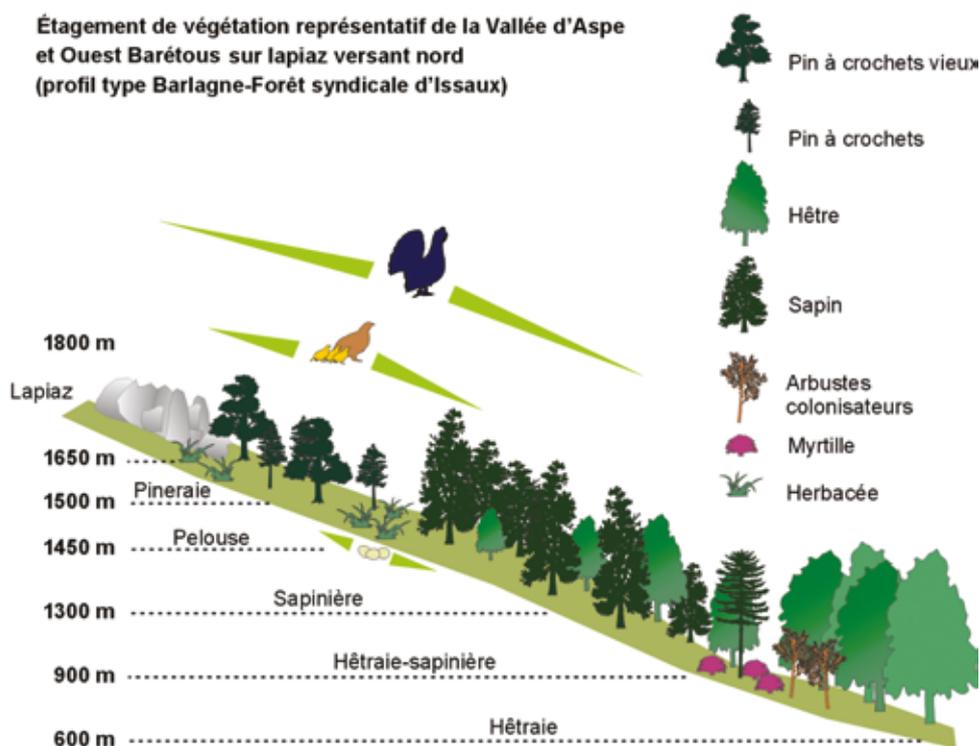


Figure 3 : Le Grand Tétrás à l'interface de la hêtraie-sapinière et de la pineraie karstique du massif d'Anie (Pyrénées occidentales)

¹ Pinerale oncinée = population naturelle de Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ramond). Onciné = épithète (utilisée par De Candolle) qualifiant l'échelle du cône recourbé en crochet, issue du latin *uncinatus* signifiant « terminé par une courte pointe ». La pineraie oncinée est une désignation compréhensive des populations subalpines et altimontaines de *Pinus uncinata* (Cantegrel, 1999).

² Arres = hautes surfaces calcaires, plus ou moins lapiazées, du massif d'Anie (voir ci-dessus 4^e partie).

1.2.4 • Les pineraies oncinées sur sols acides

Pineraies subalpines des Pyrénées centrales et occidentales

On les trouve principalement dans les hautes vallées du versant nord des Pyrénées : Aure (Néouvielle, Rioumajou), Luchonnais, bas val d'Aran, haute vallée de l'Ariège (Aston, Orlu-Orgeix), de Cauterets, de Luz St Sauveur, d'Arrens et d'Estaing. Elles regroupent des peuplements souvent relictuels, favorables au Grand Tétrás en phase d'hivernage ainsi que pour toutes les autres fonctions (abri, alimentation, confort thermique) dès que la composition de la flore associée le permet.

Ces peuplements subalpins demeurent aujourd'hui hors sylviculture, même si par le passé des exploitations par grands câbles ont localement prélevé quantité non négligeable de bois (cas de Néouvielle). Pineraies d'altitude élevée, leur structure évolue très lentement, de sorte qu'il n'y a aucune nécessité d'y intervenir. En conséquence du relâchement de la pression pastorale du XX^e siècle, on observe une tendance à l'extension de ces formations, ce qui constitue une évolution très favorable au Grand Tétrás. Il convient toutefois de veiller à leur conservation lors des programmes d'écobuage, voire d'amélioration pastorale mécanisée, car ce processus d'extension pourrait être rapidement compromis par élimination des conifères en phase de colonisation.

Pineraies d'ombrée des Pyrénées orientales

Elles concernent des surfaces considérables sur l'est et le sud de la chaîne : forêts du canton de Quérigut, quelques forêts situées aux confins de l'Ariège, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales (massifs de Madres, Rebenty, Prades), de la quasi totalité des forêts de la Catalogne (France et Espagne) et de l'Andorre.

Selon le guide de sylviculture, le faciès le plus typique est la pineraie mésophile sur sols siliceux d'ombrée : strate arborescente dominée par le Pin à crochets, accompagné souvent du Sorbier des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*) et du Bouleau pubescent (*Betula pubescens*), ou du Sapin (*Abies alba*) au subalpin inférieur.

La strate arbustive est plus ou moins couvrante mais rarement continue, dominée par le Rhododendron (*Rhododendron ferrugineum*). La couverture au sol est assurée par la Myrtille (*Vaccinium myrtillus*), parsemée d'herbacées, lichens et mousses.

Les peuplements clairs de Pin à crochets comprenant des îlots d'arbres sénescents à cavités, des bois morts, sur pied et au sol, une strate arbustive et sous arbustive diversifiée et riche en *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia*, *Rubus idaeus*, *Rosa pendulina*, *Arctostaphylos uva-ursi* (espèces clé), constituent les zones les plus favorables.

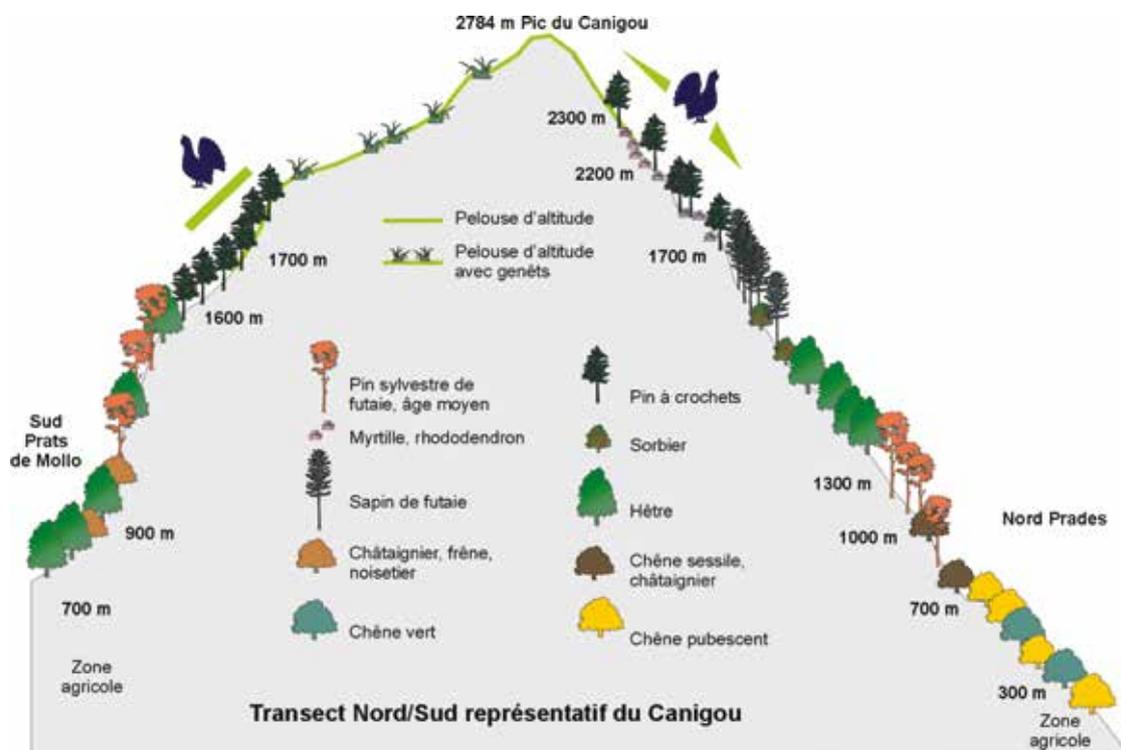


Figure 4 : Le Grand Tétrás dans les pineraies d'altitude au massif du Canigou (Pyrénées catalanes)

Contrairement aux hêtraies-sapinières des Pyrénées centrales, à cause du comportement moins « social » du Pin à crochets, ainsi que du caractère supraméditerranéen du climat induisant un moindre dynamisme de la végétation, les pineraies montrent une tendance moins poussée à la fermeture du couvert. Dans ce contexte, la présence du Grand Tétrás s'avère nettement moins dépendante de la lisière supérieure de la forêt et de la « zone de combat » que sous l'influence atlantique des montagnes centrales et occidentales. De ce fait, les préconisations de gestion présentent une tendance moins marquée à s'appuyer sur cet écotone, et concernent aussi des surfaces non connectées à ces lisières supraforestières.

1.2.5 • Les peuplements RTM

D'une façon générale, les boisements d'altitude exécutés dans le but de prévention des phénomènes d'érosion et d'avalanche (en application de la politique de Restauration des terrains en montagne initiée en France dès le milieu du XIX^e siècle) constituent d'excellents habitats. En effet, *100 à 120 ans après leur établissement, ils acquièrent une physionomie très hétérogène et clairière, et comportent en abondance des essences fort appréciées du Grand Tétrás, tant autochtones qu'allochtones, telles que pins mais aussi mélèzes.*

Il est vrai qu'en présence de tout repeuplement artificiel se pose la question de la naturalité des essences introduites, voire des provenances parfois issues de matériels génétiques éloignés. Même si ce paramètre demeure bien sûr indifférent au Grand Tétrás, *l'emploi d'essences autochtones, dès que cela est techniquement possible, et de provenances locales dans tous les cas, reste vivement recommandé.*

Généralement difficiles d'accès, il convient de maintenir la quiétude des boisements RTM par un strict contrôle de la fréquentation du public.

Les pineraies oncinées constituent une part très importante des habitats du Grand Tétrás à l'est et au sud des Pyrénées, ainsi qu'aux altitudes élevées. Elles revêtent des caractéristiques plus fréquemment favorables au Grand Tétrás que les sapinières et a fortiori les hêtraies, du fait d'une moindre tendance des peuplements alticoles à la fermeture du couvert forestier, et d'une plus faible productivité.

En conséquence, la bonne gestion des pineraies vis-à-vis du Tétrás est fondamentale pour la conservation globale de l'oiseau à l'échelle de la chaîne pyrénéenne. C'est pourquoi une forte cohérence s'impose entre les présentes recommandations et le guide de gestion multifonctionnelle du Pin à crochets pyrénéen.

1.3 • Recommandations pour la gestion en faveur du Grand Tétrás

1.3.1 • Interventions sylvicoles

Les itinéraires techniques proposés en faveur du Grand Tétrás sont fondés sur les modèles du guide de gestion multifonctionnelle du Pin à crochets (programme Uinci'plus). Ils distinguent divers types d'interventions sylvicoles aux différentes échelles intéressant la biologie de l'urogalle :

- la préservation de corridors biologiques,
- la conduite des peuplements régularisés ou en voie de régularisation,
- la gestion des futaies irrégulières et des futaies régulières.

On ne s'intéresse ici qu'aux phases les plus caractéristiques des itinéraires techniques détaillés dans le guide de gestion.

1.3.1.1 • L'implantation de corridors biologiques

Le cas le plus fréquent se rencontre en pineraie d'ombrée sur sol acide. La figure 5 représente un profil de peuplement régénéré par parquets et l'agencement des corridors de vieux Pins à crochets en fonction du réseau de pistes forestières.

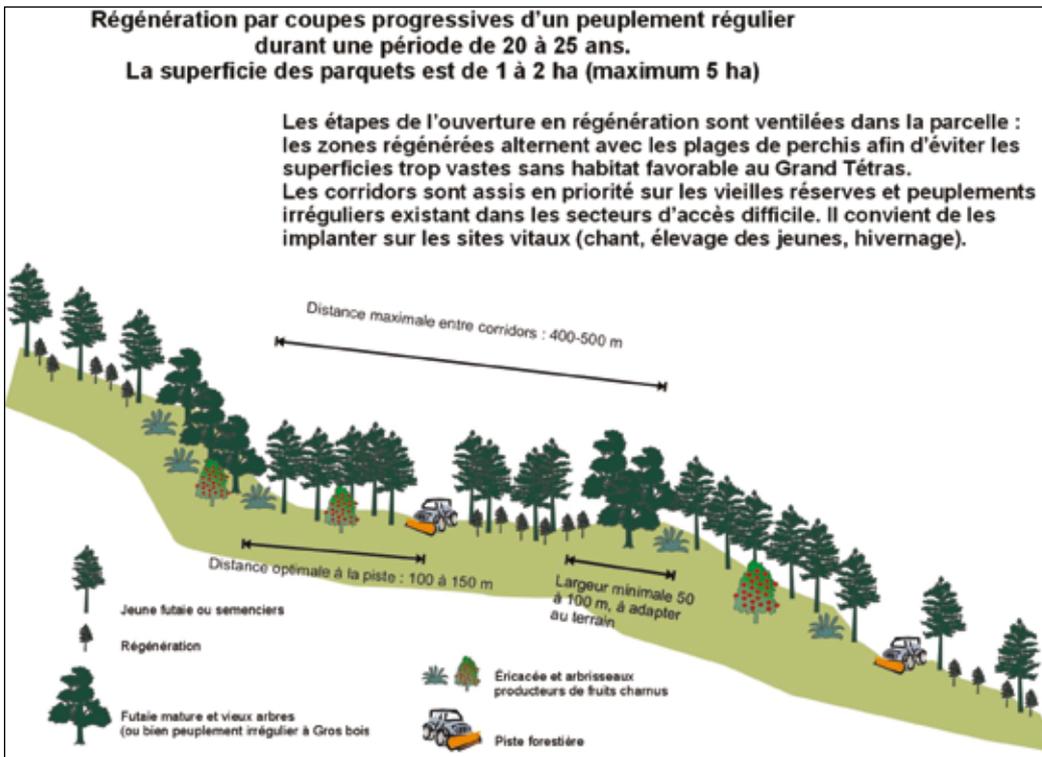


Figure 5 : La préservation de corridors biologiques tire parti des peuplements âgés préexistants sur les sites rocheux et les profils convexes des versants

1.3.1.2 • La structure des peuplements

Futaie irrégulière

On se borne à évoquer ici une structure de peuplement fréquemment rencontrée à la base du subalpin : la pineraie de reconquête sur estive en déprise, dominée par des vieux arbres préexistants.

La fermeture du peuplement diminue la capacité d'accueil pour le Grand Tétrás et conduit à terme à l'abandon des zones de nichée (schématisé par une croix sur la figure 6). Il convient alors de favoriser la structure irrégulière en préservant les très gros bois (TGB) et les trouées (figure 7).

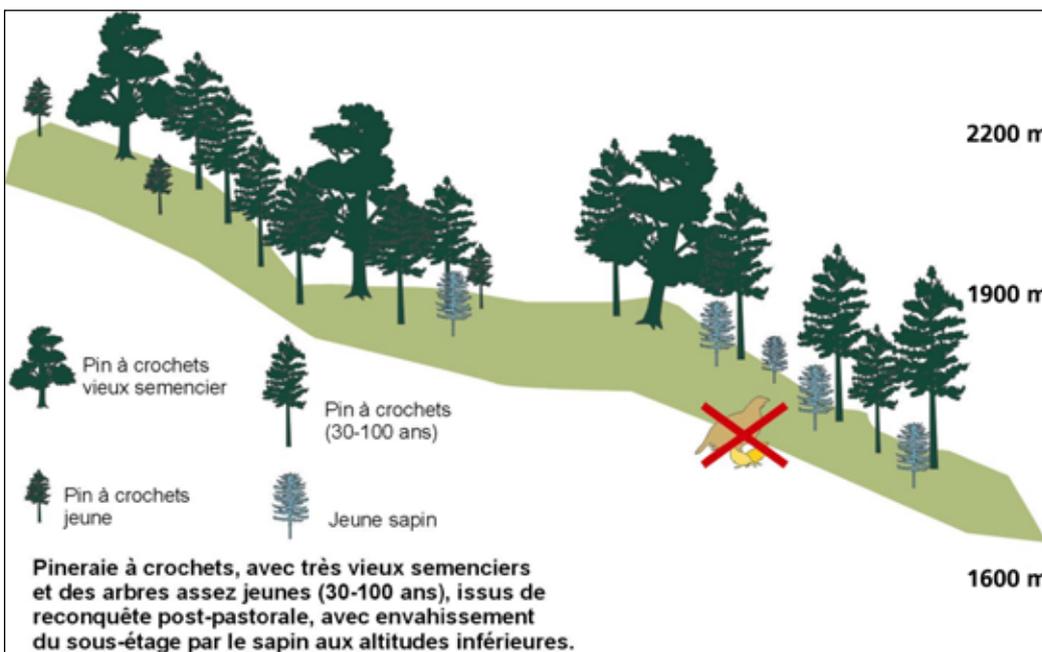


Figure 6 : L'irrégularisation des peuplements, le maintien des clairières et la lutte contre l'envahissement du Sapin augmentent la capacité d'accueil des pineraies

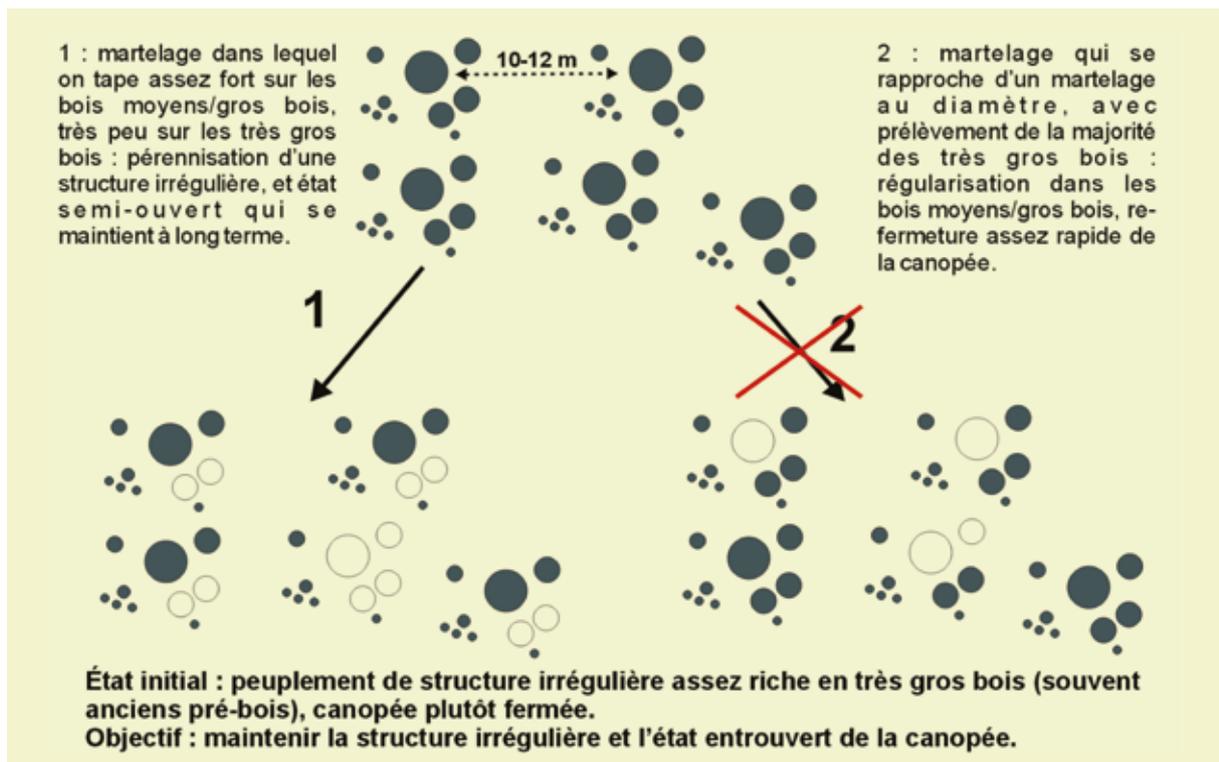


Figure 7 : En futaie irrégulière à GB et TGB, les éclaircies doivent préserver les vieux pins, éviter l'uniformisation du peuplement et la fermeture du couvert

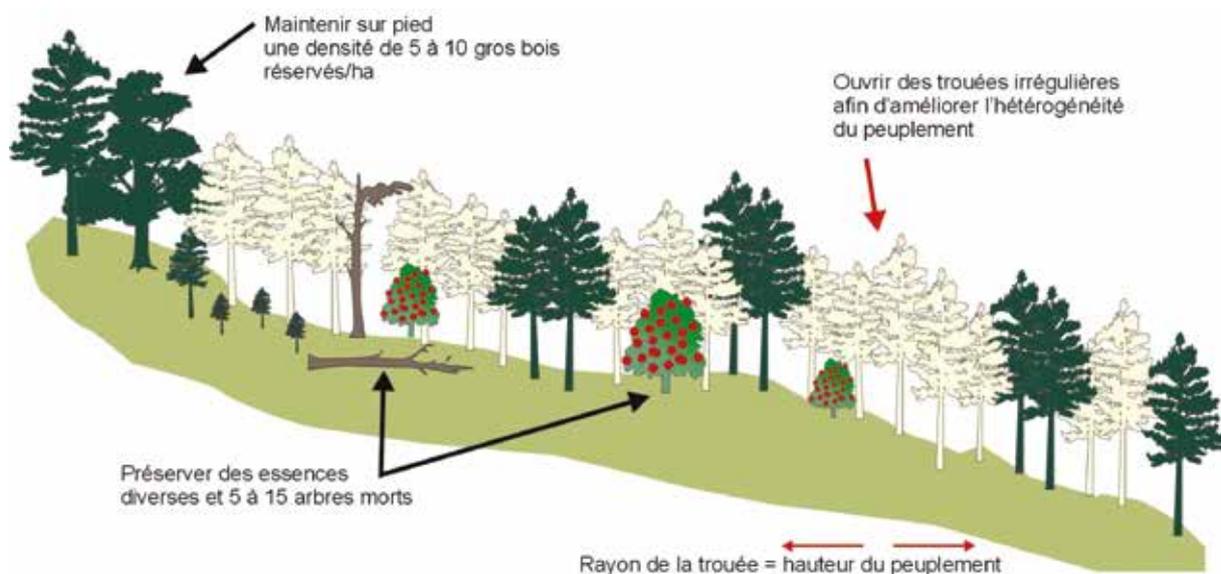


Figure 8 : Dans les sites vitaux du Grand Tétrás, la régénération des futaies régulières de Pin à crochets s'accompagne de mesures favorisant l'hétérogénéité du peuplement

Futaie régulière

Dans l'exemple d'une forêt de Pin à crochets d'ombrée sur sol acide, la figure 8 schématise un peuplement régénéré à l'issue d'un itinéraire sylvicole favorable au Grand Tétrás :

- réserver 5 à 10 pieds/ha de gros bois (GB) âgés de plus de 120 ans et quelques semenciers servant de refuge,
- préserver les essences diverses, en particuliers les sorbiers et arbustes producteurs de fruits charnus,
- conserver au moins 5 à 15 chablis ou arbres secs sur pied à l'hectare,
- hétérogénéiser le couvert en ouvrant des trouées irrégulières de rayon égal à la hauteur du peuplement.

1.3.2 • Génie biologique

Sauvegarder les pins relictuels

Il existe aux Pyrénées centrales et occidentales des pins (sylvestres et à crochets) isolés ou présents par petits bouquets, généralement sans aucune régénération, dont l'origine demeure incertaine (reliques de peuplements spontanés, introductions de la fin du XIX^e siècle?). Parfois implantés dans les estives à proximité de la lisière supérieure de la forêt, parfois enclavés au sein des peuplements forestiers bordant ces estives, *leur rareté revêt une valeur considérable pour le Grand Tétrás*, et également pour d'autres espèces liées aux pins, comme le Bec-croisé des sapins (*Loxia curvirostra*), dont la sous-espèce pyrénéenne ne consomme que des graines de pins (Clouet, 2004).

Les menaces pesant sur ces îlots boisés imposent des mesures spéciales de protection :

- *feux pastoraux* : éviter les écobuages à proximité ou débroussailler à la périphérie (sur un rayon d'une dizaine de mètres) afin d'opérer une coupure de combustible,
- *frottis de Cerf* : fixer 4 liteaux le long du tronc au moyen de fil ronce, destinés à empêcher l'écorçage par les cervidés,
- *concurrence des essences d'ombre* : détournement des pins par abattage ou dévitalisation des feuillus et des sapins privant le pin de lumière, ou risquant de l'enserrer en cours de croissance.

Préserver la lisière supérieure de la forêt

L'ourlet de lisière supérieure des forêts, avec les landes attenantes, revêt une importance capitale dans la conservation du Grand Tétrás sur une très vaste zone géographique du versant nord des Pyrénées, des Pyrénées-Atlantiques à la haute vallée de l'Ariège, en passant par le val d'Aran. Elle joue aussi un rôle fort dans la conservation de nombreux taxons animaux et végétaux. Il est vraisemblable que *la qualité de la lisière supraforestière conditionne la conservation du Grand Tétrás sur l'ouest et le centre des Pyrénées*.

Il convient en conséquence d'y porter une attention particulière, non pas tant sur le plan de l'exploitation forestière, qui y demeure exceptionnelle (essences non commerciales, ou hêtres et sapins sans valeur économique), que sur le plan de la quiétude, et sur le traitement des landes supraforestières pour les usages pastoraux.

Ainsi recommande-t-on de limiter sévèrement les tracés de voiries ou l'implantation d'infrastructures à proximité. Par ailleurs, toute clôture doit être scrupuleusement balisée, et le dispositif de visualisation entretenu.

Ménager les connectivités biologiques

Au-delà de la mise place de corridors internes aux massifs à fort enjeu Grand Tétrás, en général calées sur des lisières, on propose de ménager de tels corridors à l'échelle des parcelles exploitées, sous forme de blocs (îlots de 1 à 1,5 ha) ou de bandes. Dans ce contexte, l'implantation de ces corridors ne dépend nécessairement ni de la lisière supérieure, ni des éléments fixes du paysage. On peut les asseoir en tout lieu de la forêt à présence avérée de Grand Tétrás, en particulier sur des sites vitaux tels que places de chant, zones d'hivernage, zone d'élevage des jeunes. Les blocs s'adaptent mieux aux reliefs très peu marqués, et les bandes installées en courbe de niveau dans les versants (figure 5) souvent à la faveur de ressauts à vieux arbres.

Restaurer la capacité d'accueil du sous-bois

Dans la pineraie subalpine d'ombrée, un savoir-faire spécifique a été testé avec succès pour restaurer la capacité d'accueil du Grand Tétrás, avec intervention soit sur le peuplement lui-même, soit sur le tapis de Rhododendron (figure 9).

En effet, dans certaines pineraies d'ombrée, la lande de *Rhododendron ferrugineum* peut atteindre de tels taux de recouvrement que la circulation au sol des oiseaux devient très difficile. Dans ce cas un débroussaillage mécanique en mosaïque supprimant 30 % du couvert sur une surface minimale de 5 ha restaure des conditions convenables pour la reproduction du Grand Tétrás tout en permettant le recrutement de nouveaux adultes.

Maitrise du sous-bois : débroussaillage sélectif de la rhodoraie dense

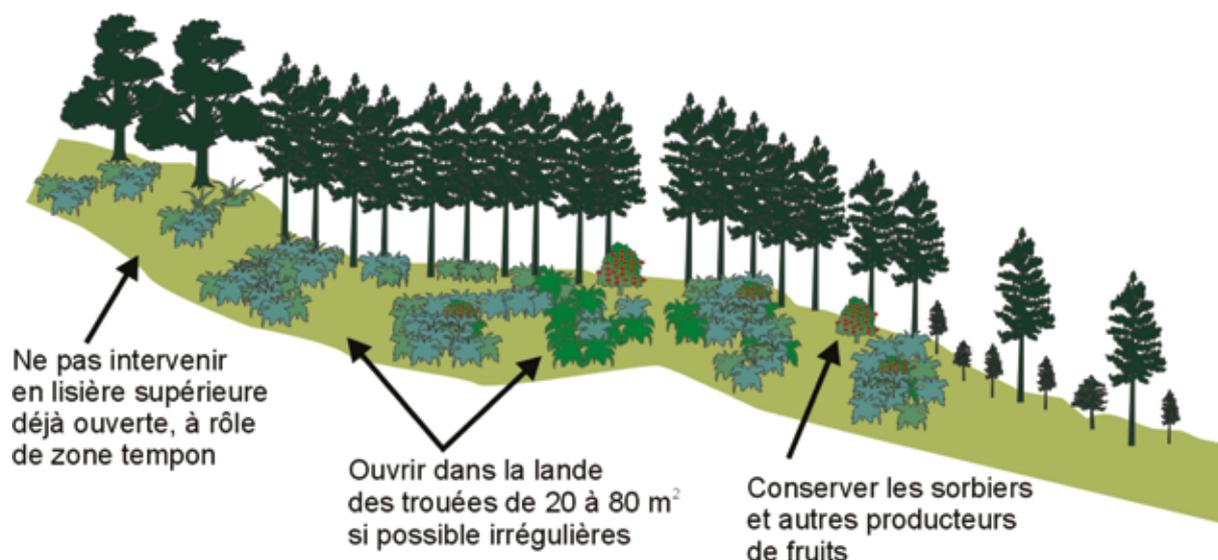


Figure 9 : Aux ombrées, l'ouverture du sous-bois de *Rhododendron* améliore l'intérêt trophique tout en conservant la fonction d'abri et en favorisant les conditions de reproduction du Grand Tétrás

Contrecarrer l'envahissement des tourbières par les ligneux

Dans divers sites de pineraies fermées, ce sont les tourbières qui garantissent la pérennité d'un couvert forestier fragmenté. Lorsqu'une tourbière bombée se trouve en phase de colonisation par des ligneux, le processus de boisement va hâter l'assèchement définitif de celle-ci. Il est alors intéressant pour prolonger son état de tourbière, comme pour le Grand Tétrás et pour les taxons végétaux et animaux inféodés à ce type de zone humide, d'intervenir en luttant contre l'envahissement par ces ligneux.

Dans les forêts de production des Pyrénées orientales, que la sylviculture façonne souvent en futaies par bouquets ou parquets, la conservation du Grand Tétrás s'avère nettement moins dépendante de la lisière supérieure de la forêt que dans les autres peuplements de la chaîne.

Ainsi la gestion des massifs orientaux doit-elle ménager des corridors internes et des zones refuges, indispensables à la survie du Grand Tétrás, que les futaies subissent des traitements réguliers ou irréguliers.

Aux Pyrénées centrales et occidentales la préservation de la limite supraforestière revêt une importance considérable pour la faune, en particulier la ceinture altimontaine à sorbiers et bouleaux, à l'interface des étages montagnard et subalpin, pour la qualité de l'habitat du Grand Tétrás.

Enfin, au surplus des mesures sylvicoles en faveur du Grand Coq, des travaux de génie biologique permettent localement d'augmenter la capacité d'accueil du milieu. Ils visent essentiellement à conserver une pineraie ouverte garantissant les fonctions vitales de l'oiseau ainsi que la connectivité entre les zones refuges.

2 • LES INSECTES SAPROXYLIQUES DES PINERAIES D'ALTITUDE

Cyrille Van Meer

Réseau entomologie ONF, F-64310 ST PEE SUR NIVELLE,
cyrille.van-meer@onf.fr

Hervé Brustel

École d'ingénieurs de Purpan, 75, voie du T.O.E.C., F-31076 TOULOUSE Cedex,
herve.brustel@purpan.fr

Au sortir de la hêtraie sapinière hygrophile pour parvenir à l'étage subalpin, le changement de paysage est surprenant. Nous voici dans le massif de Néouvielle à une altitude de 1 800 à 2 400 mètres, dans l'étage des pins d'altitude : Pin sylvestre puis mélange plus ou moins intime Pin sylvestre, Pin à crochets et leurs hybrides, les pins de Bouget, puis pins à crochets, isolés, en bouquets, en peuplements clairs, complets ou discontinus. Il faut dire que la limite supérieure de la forêt a sérieusement été modifiée et abaissée par les activités pastorales. Les paysages sont grandioses, les pins morts sont nombreux (figure 1) et déclenchent l'impatience de l'entomologiste, intérêt qui semble moins partagé par les autres usagers de la montagne, souvent peu au fait des trésors insoupçonnés que recèle la biodiversité liée à l'entomofaune de ces pineraies.

À la suite d'accidents climatiques, d'avalanches ou d'incendies pastoraux, des ouvertures apparaissent dans les peuplements forestiers. On rencontre aussi des pins isolés ou des bouquets renversés ou foudroyés. Dans l'enchevêtrement des troncs une faune saproxylique relictuelle de haute valeur patrimoniale s'est maintenue (Brustel & Van Meer, 1999).

Ce sont essentiellement des coléoptères qui « dépendent pendant une partie de leur cycle de vie du bois mort ou mourant, d'arbres moribonds ou morts, debout ou à terre, ou de champignons du bois ou de la présence d'autres organismes saproxyliques avec lesquels ils partagent leur milieu » (Speight, 1989).



Figure 1 : Au massif de Néouvielle la libre évolution de la pineraie d'altitude préserve de fortes quantités de bois morts. (Photo L. Micás)

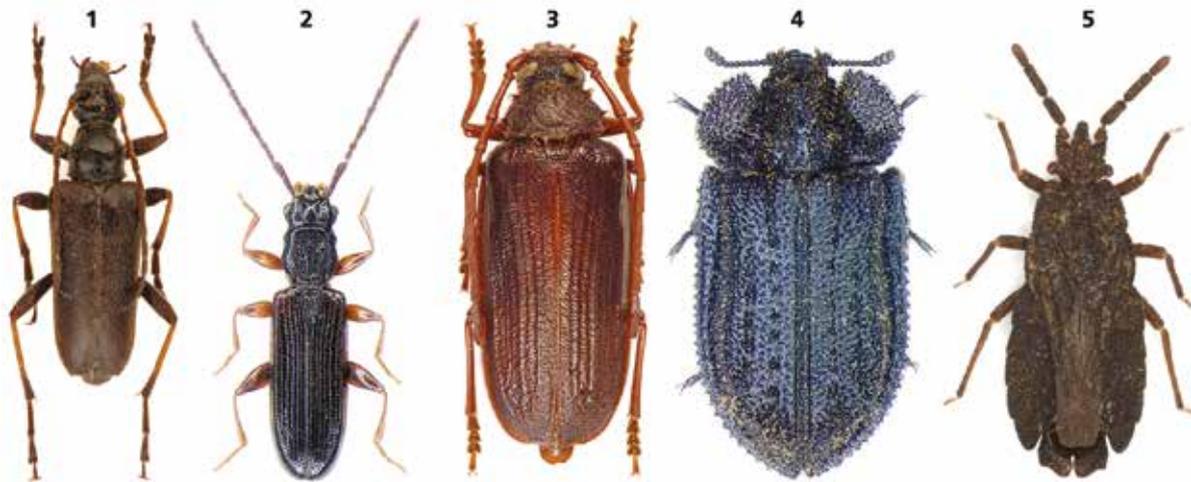


Figure 2 : Succession de coléoptères saproxyliques typiques sur bois de Pin à crochets. (Photo : P. Zagatti)
 1 : *Acmaeops marginatus*, 2 : *Dendrophagus crenatus*, 3 : *Tragosoma depsarium*, 4 : *Calytis scabra*, 5 : *Quilnius marcosi*.

2.1 • Des espèces reliques des temps glaciaires inféodées au bois mort

Les espèces saproxyliques trouvées dans ces forêts extrêmes présentent des exigences biologiques fortes, particulières aux forêts de conifères de l'étage subalpin. Elles subissent une répartition très fragmentée. Elles dépendent de la quantité, de la diversité et de la continuité des habitats liés au bois mort. Ce sont d'excellents bio-indicateurs de forêts peu perturbées et dans le cas de cet étage subalpin, de véritables reliques boréo-alpines ou reliques glaciaires (Dajoz, 1971, 1977, 1990 ; Iablokoff, 1951).

2.1.1 • Quelques coléoptères typiques des pineraies d'altitude

Dès 1949, A. Kh. Iablokoff effectue de nombreuses observations précises sur les trois coléoptères de la faune boréo-alpine les plus connus vivant dans le Pin à crochets à proximité des lacs d'Orédon, d'Aumar et Aubert :

- *Tragosoma depsarium* (Linnaeus, 1767), *Cerambycidae* (figure 2.3). Il vit dans les gros troncs couchés comportant une couche superficielle sèche, bleutée, très dure, abritant l'intérieur du bois carié, vermoulu et humide. Les larves sont nombreuses et les trous d'émergence très caractéristiques. Ces troncs bénéficient à la fois d'un fort ensoleillement en surface et d'une humidité constante pénétrant par la face inférieure en été.
- *Danosoma fasciatum* (Linnaeus, 1758), *Elatерidae*. C'est un prédateur dont la larve carnassière très agressive doit singulièrement limiter les populations de *Tragosoma*.
- *Dendrophagus crenatus* (Paykull, 1799), *Sylvanidae* (figure 2.2). Il se rencontre sous les écorces déhiscentes des pins dépérissants et morts.

Robert Dajoz en 1971 ajoute un autre coléoptère boréo-alpin *Calytis scabra* (Thunberg, 1784), *Trogositidae*, qu'il a découvert dans le secteur du lac de l'Oule. Le Néouvielle et la Vallée du Rioumajou représentent les deux seules localités françaises connues de cette espèce bien plus fréquente en Scandinavie. Le *Calytis scabra* (figure 2.4) vit dans la carie sèche cubique brune du pin, provoquée par un polypore résupiné du genre *Anthrodia* (Brustel, 2009).

Ce même milieu abrite *Quilnius marcosi* Heiss & Baena, 2006, *Heteroptera*, *Aradidae* (figure 2.5), dans la vallée du Rioumajou, espèce d'une grande rareté à l'échelle du globe.

Une dernière espèce boréo-alpine vient d'être redécouverte après 150 ans d'absence d'observation : *Bius thoracicus* (Fabricius, 1792) *Tenebrionidae* (figure 3.1). Dans la zone des pins des Pyrénées, elle n'est connue qu'au Pont d'Espagne et au lac de Gaube (Cauterets), ainsi qu'au Luchonnais. L'espèce présente un « mélange de crypticité, de sténocécie, de population fragmentée et de faible abondance » (Brustel & Soldati, 2009).

2.1.2 • Des milieux diversifiés : des corticoles au bois carié et à leurs hôtes

Parmi les espèces corticoles, vivant dans les pins d'altitude, le *Tenebrionidae Corticeus longulus* (Gyllenhal, 1827) est rencontré régulièrement dans les galeries de l'*Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827), *Curculionidae, Scolytinae*, qui semble son principal scolyte-hôte (Soldati, 2010).

Quelques autres coléoptères, réputés rares et patrimoniaux vivent dans les pins d'altitude mais sont aussi présents de manière régulière sur le sapin, plus bas en altitude. Ainsi les *Cerambycidae Acmaeops marginatus* (Fabricius, 1781), *Oxymirus cursor* Linnaeus, 1758 (figure 3.3), *Lepturobosca virens* (Linnaeus, 1758), l'*Oedemeridae Calopus serraticornis* (Linnaeus, 1758), l'*Elateridae Diacanthous undulatus* (De Geer, 1774) et le *Trogositidae Ostoma ferruginea* (Linnaeus, 1758).

2.2 • Les saproxyliques des massifs emblématiques

Les coléoptères saproxyliques constituent de bons bio-indicateurs de l'ancienneté de l'état boisé. Pour s'assurer de la présence des espèces décrites plus haut, les méthodes de prospection sont classiques : à vue sur les fleurs et les troncs ensoleillés, en écorçant, en fragmentant les polypores et caries, en tamisant les débris, aux lampes UV ou à la lampe de poche la nuit sur les troncs, enfin en menant à terme des larves récoltées. Les piégeages d'interception intervenus récemment viennent le cas échéant compléter les chasses ciblées des insectes patrimoniaux.

Afin de compléter l'inventaire des données existantes, de tels piégeages ont été pratiqués sur plusieurs sites des Pyrénées occidentales et centrales : station de la Pierre Saint-Martin, Cauterets, lac de l'Oule, Rioumajou. Ces données apportent des informations abondantes sur le cortège global des coléoptères saproxyliques existant dans l'environnement forestier des espèces emblématiques.

2.2.1 • Une entomofaune d'une grande richesse d'un bout à l'autre des Pyrénées

En parcourant les Pyrénées d'ouest en est, les sites ayant fait l'objet de prospections récentes sont les suivants :

1/Massif d'Anie : Arette, station de la Pierre Saint-Martin (Pyrénées-Atlantiques).

Milieus en conditions environnantes très rudes avec des pins sur lapiaz. Les données sont insuffisantes et à compléter notamment sur le versant espagnol.

Cortège rencontré : *Danosoma fasciatum*, *Corticeus longulus*, *Ostoma ferruginea*

2/Massif du Vignemale : Cauterets, Pont d'Espagne, lac de Gaube, vallée du Marcadau (Hautes-Pyrénées).

Nombreuses données indiquant un des sites les plus riches en entomofaune. Cortège quasi complet : *Tragosoma depsarium*, *Danosoma fasciatum*, *Corticeus longulus*, *Ostoma ferruginea*, *Bius thoracicus*.

3/Massif du Néouvielle (lac d'Orédon, lac de l'Oule) et vallée du Rioumajou (Hautes-Pyrénées) qui est la zone la plus prospectée actuellement car les démarches administratives en vue des piégeages demeurent plus légères qu'au sein des espaces protégés (Parc national des Pyrénées, Réserve naturelle du Néouvielle).

Cortège complet : *Tragosoma depsarium*, *Danosoma fasciatum*, *Dendrophagus crenatus*, *Calytis scabra*, *Corticeus longulus*, *Ostoma ferruginea*.

R. Dajoz (1990) prétendait que la faune du Pin à crochets des Pyrénées orientales est plus riche que celle du massif de Néouvielle. Les récentes données montrent que la quasi totalité des espèces boréo-alpines est pourtant commune aux pineraies d'altitude des Pyrénées occidentales et orientales, *Tragosoma depsarium* (signalé du Carlit à l'Andorre), *Danosoma fasciatum* (Jujols, Andorre), *Dendrophagus crenatus* (Matemale, Jujols), *Corticeus longulus* (Carlit, En Mallo, Matemale), *Calopus serraticornis* (Laurenti, Matemale, Carlit).

Le site le plus riche pourrait être la vallée du Rioumajou (haute vallée de la Neste d'Aure). En partie parce que le site est très vaste et comporte des habitats variés avec des zones incendiées, des couloirs d'avalanches, des versants contrastés, en partie aussi parce que la prospection n'est pas limitée par des interdictions réglementaires. Les autres grands sites sont beaucoup moins prospectés : Cauterets, Néouvielle bénéficient de mesures de protection liées au Parc National des Pyrénées ou à la Réserve naturelle du Néouvielle. Les prospections et prélèvements sont interdits et limitent l'intrusion des entomologistes qui se cantonnent dans les zones périphériques.

2.2.2 • Des lacunes à combler par la prospection

Des observations complémentaires dans le respect des différentes mesures de protection existantes et en concertation avec les gestionnaires des sites seraient nécessaires pour retrouver des espèces présumées absentes dans tel ou tel site. *Dendrophagus crenatus* devrait être présent à Cauterets et à l'inverse *Bius thoracicus* n'a pas vraiment de raisons d'être cantonné au Pont d'Espagne. La faune saproxylique du site extraordinaire de la Réserve naturelle du Néouvielle mériterait quelques investigations. Déjà A. Kh. Iablokoff en 1949 écrivait : « si les circonstances nous le permettent, nous ne manquerons pas de retourner dans le massif du Néu-Bielhe, pour étudier plus à fond la faune des régions comme les Laquêtes ou la réserve de l'Estibère dont la richesse en reliques entomologiques ne manquera pas de donner encore bien des surprises aux chercheurs ».

2.3 • Des mesures conservatoires à conforter

La plupart des sites abritant cette faune boréo-alpine bénéficient de mesures administratives de protection dont le régime forestier.

Quelques mesures très simples de gestion courante peuvent contribuer à sauvegarder la singularité des pineraies d'altitude :

- Les bois utilisés comme obstacle physique à la pénétration des véhicules, souvent peuplés de larves diverses, devraient être poussés en forêt lorsqu'ils deviennent inutiles.
- Dans les cantons forestiers exploités, le maintien de vastes zones préservées, des souches hautes, l'abandon des bois de peu de valeur, incendiés, foudroyés, cariés, cassés, chablis ne peut que favoriser le maintien de cette faune très originale et relictuelle.

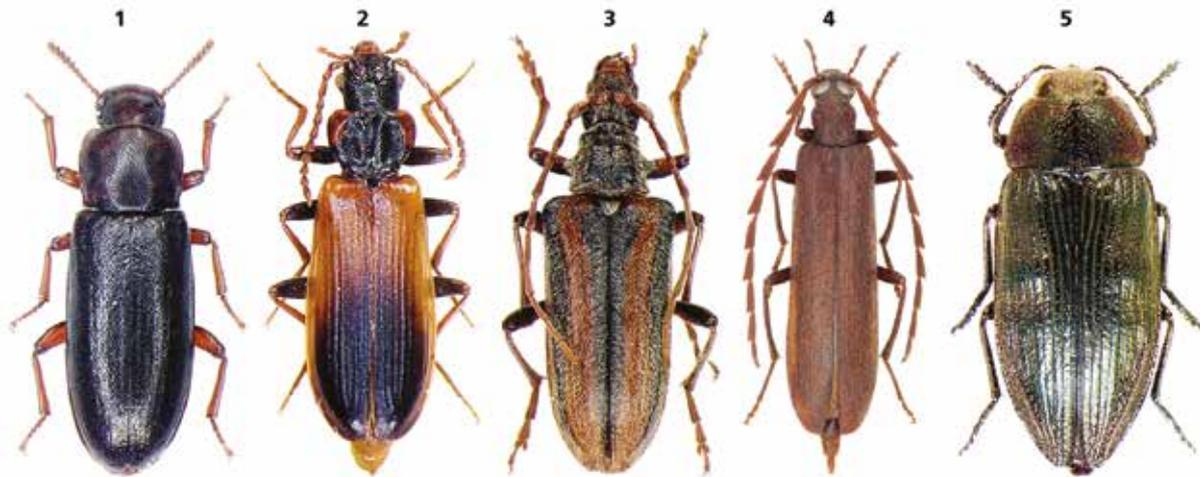


Figure 3 : Habitus de coléoptères saproxyliques caractéristiques des pineraies d'altitude. (Photo P. Zagatti)

1 : *Bius thoracicus*, 2 : *Pytho depressus*, 3 : *Oxymirus cursor*, 4 : *Calopus serraticornis*, 5 : *Buprestis rustica*

3 • L'AVIFAUNE ET LES PETITS MAMMIFÈRES INFÉODÉS AU PIN À CROCHETS

Emmanuel Ménoni

Office de la chasse et de la faune sauvage, emmanuel.menoni@oncfs.gouv.fr

Patrick Harlé

Office national des forêts, réseau avifaune, patrick.harle@onf.fr

La forêt de Pin à crochets, vue sous l'angle de la biodiversité, et tout particulièrement de celles des Vertébrés, contribue largement à la biodiversité pyrénéenne. Cette contribution majeure peut s'expliquer par les caractéristiques inhérentes à un écosystème d'altitude bien particulier.

3.1 • Une pineraie à l'interface des espaces supraforestiers

3.1.1 • Une forêt structurée par sa situation en « zone de combat »

Le Pin à crochets est le résineux capable de vivre le plus haut dans la chaîne pyrénéenne ; il constitue en conséquence l'interface entre les milieux forestiers et supra-forestiers, dans l'étage subalpin, là où l'homme ne l'a pas purement et simplement éliminé au cours de siècles de pastoralisme et de surexploitation. C'est ce que l'on qualifie de « zone de combat », écotone qui présente à la fois des caractéristiques structurelles d'un milieu forestier et celles de milieux ouverts à semi ouverts.

La présence de nombreuses espèces d'oiseaux dans un milieu donné s'explique en bonne partie par la mosaïque et la structure des milieux (c'est-à-dire l'agencement des strates végétales dans l'espace), qui offrent à l'espèce nourriture, sécurité, et des conditions favorables à sa reproduction (Blondel *et al.*, 1990). Ainsi, ce caractère souvent intermédiaire entre la forêt et la « non-forêt » explique que l'on peut y rencontrer des oiseaux aussi éloignés de par leurs exigences écologiques que le Pipit spioncelle (*Anthus spinoletta*), hôte typique des pelouses subalpines, qui niche fréquemment dans des pineraies très ouvertes, et la Perdrix grise des Pyrénées (*Perdix perdix hispaniensis*), oiseau des landes et milieux herbeux supraforestiers. Pour la Perdrix, des jeunes pins clairsemés, voire de petits bouquets de pins, jouent parfois le rôle de couvert pour la nidification, en particulier là où la végétation est excessivement rasée par les herbivores, et de refuge hivernal durant de fortes tempêtes de neige (Novoa, 1998).

3.1.2 • Une forêt accompagnée de landes et landines

Le Pin à crochets ferme rarement le milieu, de par son autécologie et les conditions stationnelles difficiles, ce qui permet le développement de landes ou landines à base d'éricacées. Des oiseaux comme l'Accenteur mouchet et la Linotte mélodieuse pénètrent la pineraie à crochets grâce à cette lande. Le premier, un des rares passereaux à bâtir régulièrement son nid dans les rameaux du Rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferrugineum*), y atteint parfois des niveaux d'abondance assez étonnants. C'est aussi cette ouverture du couvert qui permet à la sous-espèce pyrénéenne du Lagopède alpin de fréquenter le haut de la pineraie à crochets en hiver et en période de reproduction.

En effet, cet oiseau à fort intérêt patrimonial est dans sa très vaste aire de répartition circumpolaire un oiseau de toundra, sans lien avec la forêt. En revanche une étude en cours dans les Pyrénées orientales, où de nombreux exemplaires sont radiopistés, montre clairement que l'écologie pyrénéenne du Lagopède se démarque assez clairement de son écologie nordique, en particulier par une certaine utilisation des pineraies à crochets. En particulier, s'il ne consomme que de façon anecdotique les aiguilles de ce conifère, il trouve dans les feuilles, fleurs, fruits et bourgeons du Rhododendron sa première source de nourriture. Or cette éricacée trouve son optimum dans la pineraie à crochets et les zones qui la surmontent immédiatement (Garcia-Gonzalez *et al.*, 2004). De nombreuses radio-localisations sont ainsi recueillies dans le pré-bois de Pins à crochets en période hivernale. Les poules utilisent aussi le pré-bois pour nicher, ce que confirme la découverte de plusieurs nids en pré-bois de Pin à crochets entre 2 250 et 2 350 m d'altitude. Outre le couvert offert par le rhododendron, les poules y trouvent landes à Myrtille (*Vaccinium myrtillus*) et Airelle des marais (*Vaccinium uliginosum*) qui, aux mois de mai et juin, leur offrent des ressources trophiques essentielles (étude ONCFS et projet GALLIPYR, Novoa, com. pers.).

3.1.3 • Une forêt où la composante rocheuse est souvent forte

De nombreuses pineraies à crochets, en particulier dans les Pyrénées centrales et occidentales, sont aussi caractérisées par une forte composante rocheuse, soit du fait de dalles de granite, de gneiss ou de schistes (Luchonnais, Néouvielle, vallées de Cauterets et de Luz), soit des lapiaz (Arres d'Anie). Cela permet d'y noter la nidification d'oiseaux rupestres plus ou moins stricts, comme le traquet motteux (*Oenanthe oenanthe*), qui affectionne des milieux très peu végétalisés parsemés de rochers, le Rouge-queue noir (*Phoenicurus ochruros*), le Monticole de roche (*Monticola saxatilis*), le Crave à bec rouge (*Pyrrhonorax pyrrhonorax*) et le Chocard à bec jaune (*Pyrrhonorax graculus*), le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), le Hibou grand duc (*Bubo bubo*).

Dès que l'ambiance est suffisamment forestière, des oiseaux forestiers généralistes utilisent la pineraie à crochets, comme le Pinson des arbres (*Colebeles coelebs*), le Bouvreuil pivoine (*Pyrrhula pyrrhula*), le Serin cini (*Serini serini*), les Mésanges noire (*Parus ater*) et huppée (*Parus cristatus*), et plus rarement le Pipit des arbres (*Anthus trivialis*) qui y serait observé là où la pineraie, pour des raisons anthropiques, est « descendue » jusqu'à lui. Certaines de ces espèces pouvaient sembler banales il y a peu du fait de leur caractère peu spécialisé (photo1), mais le programme de Suivi temporel des oiseaux commun (STOC) montre qu'une partie de ces espèces régresse dramatiquement. C'est le cas par exemple du Bouvreuil pivoine, qui selon le rapport du programme STOC de 2008, aurait perdu en France 63 % de ses effectifs en 20 ans (Jiguet, 2008). L'on peut penser que la pineraie à crochets, milieu à évolution lente et nettement moins impacté par l'homme que les forêts de plaine ou de l'étage montagnard, pourra contribuer utilement à son maintien.



Photo 1 : La Mésange noire est un hôte habituel de la forêt de Pin à crochets. (Photo M. Bartoli)

3.2 • L'avifaune patrimoniale du Pin à crochets

3.2.1 • Une richesse en oiseaux étonnamment élevée en milieu extrême

D'une façon très générale, la richesse spécifique (le nombre d'espèces) et l'abondance (le nombre d'individus), quel que soit le groupe d'espèces concerné, décroissent avec l'altitude, comme une réponse à la diminution des températures et de la durée de végétation (Fischesser, 1982). En effet, ces deux facteurs ont pour conséquence d'une part une diminution de la production primaire, et donc des possibilités trophiques pour la faune, et d'autre part, une augmentation de la rudesse des conditions de vie.

Le cas de la pineraie à crochets apparaît plus complexe, grâce à l'étude de Joachim *et al.* (1991). Dans cette étude les auteurs analysent les résultats de 325 points d'écoute effectués dans 19 massifs des Pyrénées centrales, comprenant des hêtraies, des hêtraies-sapinières, des sapinières, des pineraies sylvestres et des pineraies à crochets. Ils montrent que la richesse spécifique totale en oiseaux est nettement la plus faible dans les pineraies à crochets que dans les autres forêts, mais que si on calcule un indice de richesse moyen en éliminant de l'analyse les espèces rares ou accidentelles, il est à peine inférieur aux autres types de forêts en général distribués à des altitudes inférieures. Par contre, l'abondance moyenne en oiseaux de la pineraie à crochets est légèrement supérieure à celle de certains types forestiers que l'on aurait pu croire plus peuplés, comme la hêtraie-sapinière. L'indice de diversité de Shannon, qui rend synthétiquement compte à la fois de la richesse et de la densité, en étant peu sensible aux espèces rares, montre que la pineraie à crochets n'est pas la moins bien lotie, et que finalement, cet indice est assez peu différent entre les cinq types de forêt étudiés.

Ainsi, il est vraisemblable que les caractéristiques de la pineraie à crochets développées plus haut expliquent en bonne partie le fait que cette formation demeure assez proche en termes de richesse et d'abondance aviaire de types de forêts situés aux étages inférieurs, malgré sa situation à la limite haute des possibilités de vie des arbres.

3.2.2 • La spécialisation d'espèces ou de sous-espèces patrimoniales

Quelques espèces à forte valeur patrimoniale se révèlent très spécialisées vis-à-vis du Pin à crochets : le Venturon montagnard, le Bec-croisé des sapins, la Chouette de Tengmalm et le Merle à plastron. Au sein de ce groupe, deux espèces d'oiseaux sont assez strictement inféodées à la pineraie à crochets des Pyrénées, le Venturon montagnard et le Bec-croisé des sapins, les deux autres trouvant leur optimum écologique dans cette chaîne de montagne.

Le Venturon montagnard est un oiseau rare au plan national (présence sur seulement 12,3 % des cartes de l'atlas national, Pasquet, 1994), comme à l'échelle des Pyrénées (Joachim, 1997 ; Fontanille & Joachim, 2012). Il semble assez strictement lié aux pineraies à crochets et sylvestres en période de reproduction, et plutôt dépendant des hautes altitudes. Les graines de pins apparaissent primordiales dans son alimentation de février à juin pour la population pyrénéenne, et leur disponibilité cruciale dans la détermination de la répartition des populations nicheuses du Venturon (Borras *et al.*, 2003). De récentes études montrent que les populations des Pyrénées françaises sont caractérisées par une très faible diversité génétique, sans doute comme conséquence de l'effondrement des ressources (*Pinus* sp.) vers la mi-Holocène, et certaines populations pyrénéennes peuvent être considérées comme isolées au plan génétique (Förschler *et al.*, 2011).

Ce constat d'une forte dépendance des populations de Venturon vis-à-vis de la dynamique du Pin souligne tout l'intérêt que revêt la conservation des pineraies d'altitude pour cet oiseau. Jusqu'à très récemment, si les zones de reproduction du Venturon étaient assez bien connues, ses quartiers d'hivernage demeuraient une énigme ornithologique. Le marquage de près de 15 000 spécimens par une équipe espagnole a permis de la résoudre (Borras *et al.*, 2010). Cette étude a montré que durant l'hiver, les venturons, extrêmement mobiles, se répartissaient dans le nord de l'Espagne, et qu'ils étaient encore très dépendants de paysages présentant des bosquets de Pin sylvestre et de Pin de Salzmann (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*), entrecoupés de zones cultivées. Cela suggère fortement aussi une sensibilité de l'espèce aux incendies que pourrait favoriser le réchauffement climatique.



Photo 2 : A lui seul, le Bec-croisé peut consommer le cinquième de la production séminale du Pin à crochets.
(Photo J. Cantegrel)

Le Bec-croisé des sapins (photo 2), oiseau très largement répandu dans l'hémisphère nord, est un spécialiste des graines de conifères des genres *Pinus*, *Abies*, *Picea*, et d'autres encore. En tant qu'espèce, sa très vaste répartition ne lui confère aucune vulnérabilité. Mais cette espèce est divisée en un grand nombre de sous-espèces, selon les régions et le ou les conifères qui y sont présents (Massa, 1987), y compris à une échelle réduite comme le territoire français (Clouet & Joachim, 1996). Les sous-espèces se distinguent en particulier par la couleur des mâles, et la taille et la forme du bec (Clouet, 1984 ; Génard & Lescouret, 1983). Dans notre région, il est représenté par une sous-espèce propre, qui consomme exclusivement des graines de Pins à crochets et sylvestre, (Clouet, 1991 ; Génard & Lescouret, 1987), contrairement à son homologue alpin par exemple qui consomme couramment des graines d'Épicéa commun (*Picea abies*). Du fait de cette particularité, Clouet (1997) proposait d'ailleurs que l'espèce alpine soit désignée sous le nom de Bec-croisé commun. On assiste avec le Bec croisé et le Pin à crochets à un phénomène particulièrement intéressant de co-évolution entre l'arbre et l'oiseau : Lescouret & Génard (1983) ont montré que le Bec-croisé consomme de l'ordre de 20 % des graines de Pins à crochets, et les mêmes auteurs calculent aussi que 25 à 40 % du stock initial de cônes sont consommés ou attaqués, dans différentes forêts pyrénéennes étudiées (Lescouret & Genard, 1986 a et b). En conséquence de cette très forte prédation, les défenses des cônes contre les becs-croisés (grande taille et hauteur des écussons) se perfectionnent (Clouet & Joachim, 2008). En retour, la forme

de bec des Bec-croisés s'adapte à ces défenses, ce qui explique la grande variabilité de taille et de forme de cet organe chez cette espèce (Clouet, 2004). Ce phénomène a été noté ailleurs chez cet oiseau ultra-spécialiste, comme en Amérique du nord par exemple (Benkman, 2003).

Le Merle à plastron (photo 3) est présente aux Pyrénées, sous la sous-espèce *Turdus turdus alpestris*. Sa distribution en montagne se substitue très nettement à celle du merle noir (*Turdus merula*) dans les stations les plus froides, avec très peu de chevauchement (Bussche *et al.*, 2008). Selon ces auteurs, bien que les deux espèces coexistent à vaste (paysage) et à moyenne (forêt) échelle, un chevauchement direct de niche écologique est rare à l'échelle du territoire des oiseaux. Aux Pyrénées, alors que le second occupe largement l'étage montagnard, le Merle à plastron affectionne les boisements de l'étage subalpin, le plus souvent à la limite supérieure de la forêt, et tout particulièrement la pineraie à crochets (Affre & Affre, 1980 ; Clouet *et al.*, 1987 ; Clouet & Bousquet, 1987). C'est pourquoi, tant à l'échelle pyrénéenne qu'à l'échelle nationale, ce grand turdidé peut-il être considéré comme un oiseau relativement rare (Joachim & Bousquet, 2012), et son sort est en partie dépendant de celui de la pineraie à crochets. Cet oiseau hiverne dans des sierras espagnoles et les Atlas marocains. Dans ces montagnes marocaines, il dépend assez strictement des « baies » du Genévrier de Phénicie *J. phoenicea* (Ryalls & Briggs, 2006). Or ces auteurs constatent que ces formations à Genévrier subissent une dégradation très importante par surexploitation. Selon eux, il est vraisemblable que les conditions d'hivernage du Merle à plastron au Maroc se dégradent fortement. Cela expliquerait la tendance à la baisse qui est ressentie par de nombreux ornithologues français (Cugnasse, com. pers. pour le massif central ; Montadert pour le Jura ; voir aussi Dubois *et al.*, 2008 pour ce massif...). Ainsi, si l'on ne peut contrôler la dégradation des zones d'hivernage marocaines, la contribution de la pineraie à crochets pyrénéenne au maintien de bons habitats de reproduction revêt une importance particulière pour la conservation de cette espèce.



Photo 3 : Les pineraies subalpines des Pyrénées offrent des habitats irremplaçables pour la reproduction du Merle à plastron. (Photo J. Cantegrel)



Photo 4 : Chouette de Tengmalm dans une cavité de Pin à crochets sec sur pied. (Photo E. Ménoni)

La Chouette de Tengmalm (photo 4) : la découverte par Van der Vloet de cette chouette sibéro-canadienne dans l'est des Pyrénées est très récente (Van der Vloet, 1964). Depuis, sa présence a été mise en évidence sur les deux versants de la chaîne et, pour la France, du Canigou à la vallée d'Aspe, avec une répartition assez continue. Comme le Merle à plastron, elle est strictement associée à des zones boisées froides, très généralement des peuplements subalpins. Si dans les Pyrénées centrales et occidentales françaises, elle semble majoritairement liée à des zones froides de sapinières et de sapinières-hêtraies, dans tout le contexte oriental, c'est presque exclusivement dans la pineraie à crochets qu'elle vit et se reproduit. (Canut *et al.*, 1988 ; Dejaivfe *et al.*, 1990). Cette chouette établit l'essentiel de ses nids dans d'anciennes loges de Pic noir et, dans la pineraie à crochets, aussi dans celles du Pic épeiche. Ce trait de vie de l'espèce suggère sa forte dépendance à l'état âgé

ou au moins mature des peuplements qui conditionne la présence et l'abondance de ces pics, tout particulièrement celles du Pic noir (Camprodon, 2003 ; Alvarez *et al.*, 2005). La Chouette hulotte (*Strix aluco*) semble exclure plus ou moins totalement la Chouette de Tengmalm (Cramp, 1985) ce qui expliquerait l'affinité de cette dernière pour les localités froides que la hulotte évite. Il est logique de penser que le réchauffement en cours risque de favoriser la Chouette hulotte, et par conséquent d'entraîner une régression de la Chouette de Tengmalm. La progression en altitude et en surface de la pineraie à crochets observée actuellement, comme réponse combinée aux changements des usages pastoraux et du réchauffement climatique, pourra constituer une chance de maintien pour cette espèce qui est présente dans les Pyrénées comme relique glaciaire.

Les Picidae : la pineraie à crochets constitue un milieu de prédilection pour deux espèces de Picidae, le Pic épeiche et le Pic noir. Le premier s'y nourrit abondamment des graines du Pin et des invertébrés corticaux et sous corticaux des pins âgés et morts. C'est aussi dans les pineraies sylvestres et à crochets qu'il développe ce curieux comportement alimentaire qui consiste en repas de sève, qu'il effectue en piquant l'écorce de façon circulaire autour des troncs lors des montées de sève, à différentes hauteurs, ce qui aboutit à de surprenantes cicatrices. Le Pic noir consomme des insectes saproxyliques et son abondance est fonction de l'âge des peuplements et de la présence de bois dépourvus et morts. Les pineraies à crochets âgées sont en général très ouvertes et les zones ensoleillées de ces peuplements sont très favorables au développement d'abondants dômes des fourmis du groupe des fourmis des bois (Torrossian & Gion 1987; Freitag *et al.*, 2001). Ceux-ci sont également très exploités par le Pic noir, qui y recherche les larves. Un des intérêts de la présence du Pic noir est sa forte activité de creusement de loges et de cavités, qui sont autant de micro-habitats pour des oiseaux (comme la Chouette de Tengmalm), des chiroptères, des rongeurs et des invertébrés.

3.3 • Le rôle des graines de Pin à crochets dans l'écosystème

Les recherches de Lescouret et Génard (1983) en forêt d'Osséja, en Cerdagne, montrent que, selon les années et les caractéristiques du peuplement, la pineraie à crochets produit de 260 000 à 3 000 000 graines/ha. Il est logique de concevoir que la production conséquente d'une source de nourriture énergétique peut être le support d'une vie animale plus riche que ce à quoi l'on aurait pu s'attendre dans des milieux à faible productivité (saison de végétation très courte, sols souvent très oligotrophes, que ce soit des lapiaz, des gneiss ou des granites). C'est bien ce que prouve cette étude (figure 1).

- De leur formation, bien avant la déhiscence des cônes, jusqu'à leur dissémination, seulement 0,1 % des graines « germables » parvient à échapper à la prédation par les oiseaux et les micromammifères. Trois espèces ont la capacité de s'emparer des graines avant la déhiscence des cônes : le Bec-croisé, le Pic épeiche et l'Écureuil roux (*Sciurus vulgaris*, photo 5). Parmi ces trois espèces, c'est de loin le Bec-croisé qui opère la prédation la plus forte (33 % des graines germables).
- De la déhiscence des cônes jusqu'à la chute des graines au sol, la prédation des graines est exercée majoritairement par les micromammifères (63 % des graines germables tombées au sol), ensuite par des passereaux peu ou non spécialisés. Les espèces de micromammifères principalement en cause sont le Mulot (*Apodemus* sp.), le Campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*) et à un degré moindre le Campagnol des champs (*Microtus arvalis*), le Campagnol agreste (*Microtus agrestis*) et la Musaraigne carrelet (*Sorex araneus*).

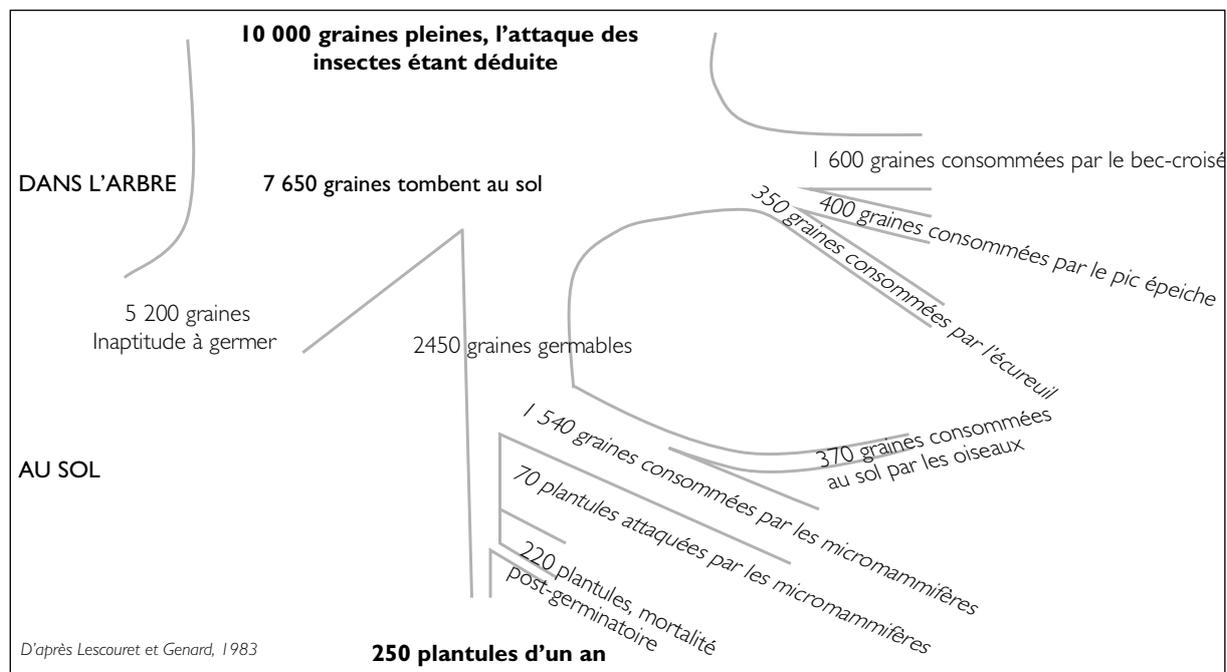


Figure 1 : Les prélèvements successifs de graines par les oiseaux et les petits mammifères opèrent une réduction drastique du stock initial produit par la pineraie (futaie de 500 à 600 fûts/ha sur pente faible et sans strate basse).

Parmi la très faible proportion des graines qui parvient à germer, notons qu'une proportion de plantules sera attaquée par les micromammifères, et une autre subira une mortalité post-germinatoire de sorte que seulement 250 plantules seront passées au travers des mortalités et des prédatons.

Un des intérêts de cette ressource trophique constituée par les graines de Pin à crochets réside dans le fait qu'elles sont mures en fin d'été ou début d'automne, et disponibles tout l'hiver, donc à une période où de nombreuses ressources alimentaires diminuent ou disparaissent en montagne. Cette offre grainière hivernale démarque nettement les écosystèmes subalpins dominés par le Pin à crochets vis-à-vis des écosystèmes montagnards où les faînes, dans la hêtraie, ou bien les graines de Sapin pectiné, ne demeurent exploitables que durant une période plus réduite, et sont pratiquement indisponibles en hiver.

Pour autant, la production séminale du Pin, en terme de biomasse comestible, est sans doute de loin inférieure à celle du Hêtre par exemple, qui peut atteindre 1 million de faînes/ha. (Le Louarn & Schmitt, 1972). Mais cette production est notoirement irrégulière, d'une part, et non accessible aux oiseaux si la neige recouvre le sol, à la différence des graines de pins dont une bonne partie reste à la surface de la neige.

Cette ressource trophique permet le maintien d'un cortège faunistique tout au long du cycle annuel, les consommateurs de graines étant bien entendu accompagnés de leurs prédateurs : l'hermine (*Mustela erminea*), la Martre (*Martes martes*), l'épervier d'Europe (*Accipiter nisus*), et de super-prédateurs, tel que l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos*), qui trouve dans les pineraies claires un milieu de chasse nettement plus favorable que la hêtraie ou la sapinière, en général plus denses. Pour ce dernier rapace, la présence de l'Écureuil et du Grand Tétrás, attiré par le Pin à crochets, non par ses graines mais par ses aiguilles, font de cette forêt un milieu stratégiquement intéressant, spécialement en hiver. Ainsi, lorsque les densités de ce galliforme étaient à leur optimum, entre les décennies 1960 et 1989 sur le plateau de Beille (Ariège), la biomasse hivernale en proies convenables pour l'Aigle royal (photo 6) pouvait dépasser 1 kg/ha (données non publiées), et en effet, Écureuil et Grand Tétrás constituent des proies régulières de l'aigle royal dans les Pyrénées (Clouet, 1981). Il est ainsi logique de considérer que la pineraie à crochets joue un rôle important dans la conservation de ce rapace.



Photo 5 : L'Écureuil roux exploite abondamment les cônes de Pin à crochets pour sa nourriture.
(Photo M. Bartoli)

3.4 • Une progression du Pin à crochets à accompagner

La pineraie à crochets connaît probablement localement une certaine expansion spatiale spontanée à partir des boisements existants, sans doute comme réponse conjointe au réchauffement climatique et aux changements des usages pastoraux de l'espace. Cette tendance est donc encourageante au regard des enjeux environnementaux qui lui sont liés. Le Pin à crochets a été largement utilisé par le service de Restauration des terrains en montagne (RTM) depuis la seconde moitié du XIX^e siècle, dans les reboisements destinés à lutter contre l'érosion et les avalanches, ce qui lui a permis de reconquérir des espaces d'où l'homme l'avait historiquement éliminé.

Cependant, certaines de ces pineraies introduites ne se régénèrent pas ou très mal (exemple de la série RTM de Luchon), et parfois d'autres essences, y compris allochtones, lui sont préférées. Ces boisements de protection contribuant à la restauration du Pin à crochets, il conviendrait de sensibiliser le service RTM pour qu'il utilise cette essence autant que faire se peut, en particulier en le privilégiant par rapport aux essences exogènes. Plus récemment, à partir des années 1970, des petits bouquets de Pin à crochets ont été implantés, là où cette essence avait totalement disparu (ex. massif du Mont Valier) ou était devenue très rare, pour créer de nouvelles zones d'hivernage du Grand Tétrás, en général par l'ONF et l'ONCFS. Il ne s'agit que de très petites surfaces, mais cette action de génie écologique a tendance à s'amplifier (ex. d'une des actions du projet Gallipyr). Cela contribue donc aussi, bien que de manière modeste, à la restauration de l'aire de répartition de cet arbre, et au maintien des enjeux environnementaux qui lui sont associés.

Cette expansion modérée est ou pourrait être toutefois contrée par différents phénomènes, parmi lesquels on peut citer :

- Le renouvellement de la pineraie se trouve contrarié du fait de l'excès d'ongulés domestiques, et de cerf (*Cervus elaphus*) qui colonise massivement l'étage subalpin des vallées des Pyrénées centrales entre le Castillonnais et la vallée d'Aure.
- La lutte contre le boisement des pentes pour le maintien d'espaces pastoraux, soit par le feu, soit par des moyens mécaniques connaît un regain récent, ces pratiques étant assez souvent encadrées et aidées par des politiques publiques, y compris Natura 2000.
- Localement (alentour des lacs, cabanes, points de bivouac) les pins à crochets sont mutilés, et des jeunes plants coupés, comme combustibles.
- Des dépérissements sont constatés, et la présence de toxiques apportés par les précipitations est parfois détectée à des concentrations diverses dans les aiguilles de Pins à crochets des Pyrénées catalanes (Grimald & van Droge, 2006).
- Dans l'est des Pyrénées, on observe fréquemment une remontée du Sapin pectiné dans la pineraie à crochets. La régénération de ce conifère est parfois si abondante sous des pins adultes que l'on peut prédire une inversion de flore à moyen et surtout long terme. Cette évolution d'une essence d'ombre sociale en sous-étage d'une essence pionnière est un processus parfaitement naturel à la base du subalpin. Toutefois, selon le niveau de rareté local du Pin à crochets, on pourrait utilement faire des choix de gestion visant à freiner ce processus.
- Enfin, l'équipement de domaines skiabiles, tant par des défrichements importants que par les dommages aux jeunes plants par le ski hors piste, constitue une atteinte non négligeable aux pineraies, en particulier aux deux extrémités de la chaîne des Pyrénées.

Ainsi, si une part de l'évolution des pineraies à crochets reste indépendante de l'activité humaine, leur progression dépend pour une autre partie de décisions de gestion et d'aménagement du territoire. Dans un souci de préserver l'intégrité de ces écosystèmes de montagne, riches d'une remarquable biodiversité et qui revêtent un fort intérêt patrimonial, il convient de veiller à la conservation et à la régénération des pineraies d'altitude.



*Photo 6 : L'Aigle royal,
un super prédateur des
biocénoses subalpines
dominées par le Pin à crochets.
(Photo J. Bouillerc Mirassou)*

BIBLIOGRAPHIE 5^e PARTIE

5.1 – Avifaune

- Affre G. & Affre L. 1980 – Distribution altitudinale des oiseaux dans l'est des Pyrénées françaises. *L'oiseau et R.F.O.* **50** : 1-22.
- Alvarez E. *et al.* 2005 – *Manual de Conservacion y Manejo del Habitat del Urogallo Cantabrico*. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Benkman C. W. 2003 – Divergent selection drives the adaptative radiation of crossbills. *Evolution* **57** : 1 176-1 181.
- Blondel J., Gosler A., Lebreton J.D. & McCleery R. (Eds.) 1990 – Population Biology of Passerine Birds. An integrated Approach. *Springer-Verlag*, Heidelberg Edition. NATO ASI Series G, Vol. **24**.
- Borras A., Cabrera T., Cabrera J. & Senar J. C. 2003 – The diet of the Citril Finch (*Serinus citrinella*) in the Pyrenees and the role of *Pinus* seeds as a key resource. *Journal für Ornithologie*, **144** : 345-353.
- Borras A., Senar J. C., Alba-Sánchez F., López-Sáez J. A., Cabrera J., Colomé X. & Cabrera T. 2010 – Citril finches during the winter : patterns of distribution, the role of pines and implications for the conservation of the species. *Animal Biodiversity and Conservation*, **33**.
- Bussche J. V. D., Spaar R., Schmid H. & Schröder B. 2008 – Modelling the recent and potential future spatial distribution of the Ring Ouzel (*Turdus torquatus*) and Blackbird (*T. merula*) in Switzerland. *Journal of Ornithology* **149** DOI : 10.1007/s10336-008-0295-9 : 529-544.
- Camprodon J. 2003 – *Estructura dels boscos i gestió forestal al nord-est iberic : efecte sobre la composició, abundància i conservació dels ocells*. Thesi doctoral, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Barcelona.
- Canut J., Garcia-Ferre D. & Marco J. 1986 – Nuevas observaciones de Lechuza de Tengmalm (*Aegolius funereus* L.) en el Pirineo español (Prov. de Lérida). *Pirineos* **128** : 1.
- Carmelo-Fernandez L. 1993 – *Influencia de la estructura forestal sobre la densidad y distribución del Pico dorsiblanco (Dendrocopos leucotos) y del Pito negro (Dryocopus martius) en Quinto real (Navarra)*. Servicio de Medio Ambiente. Gobierno de Navarra.
- Catusse M. 1989 – Les abris hivernaux du grand tétras (*Tetrao urogallus* L.) dans les Pyrénées, *Gibier Faune Sauvage*, **6** : 81-90.
- Ceugniet F. 1989 – Étude de l'impact du Pic noir *Dryocopus martius* sur les arbres en moyenne montagne (Pineriaie à crochets, forêt de Bolquère, Pyrénées-Orientales). *Oiseau Rev. franç. orn.* **59** (4) : 281-289.
- Clouet M. 1981 – L'Aigle royal dans les Pyrénées françaises. Résultats de 5 ans d'observations. *L'oiseau R. F.O.*, **51** (2), 89-100.
- Clouet M. & Bousquet J. F. 1987 – Peuplement d'oiseaux nicheurs d'une forêt de Pins à crochets *Pinus uncinata* des Pyrénées ariégeoises. *Le Pistrac* **10** : 27-35.
- Clouet M., Génard M., Leconte M. & Lescourret F. 1987 - Quelques éléments sur la structure des peuplements d'oiseaux des pineraies à *Pinus uncinata* pyrénéennes. *Actes du 1^{er} colloque d'ornithologie pyrénéenne, Seix (Ariège), sept. 1986. Acta biol. montana* **7** : 155-163.
- Clouet M. 1991 – Le Bec croisé (*Loxia curvirostra*) dans les forêts subalpines de Pins à crochets (*Pinus uncinata*) des Pyrénées centrales. *Actes du 2^e colloque d'ornithologie pyrénéenne, Seix (Ariège), 29-30 sept. 1990. Acta biol. montana* **10** : 25-35.
- Clouet M. 1991 - La reproduction de la Mésange noire (*Parus ater*) en forêts subalpines de Pins à crochets dans les Pyrénées centrales : premiers résultats. *Actes du 2^e colloque d'ornithologie pyrénéenne, Seix (Ariège), 29-30 sept. 1990. Acta biol. montana* **10** : 37-44.
- Clouet M. 1993 - À propos de la reproduction du Beccroisé (*Loxia curvirostra*) dans les forêts de Pins à crochets (*Pinus uncinata*) des Pyrénées centrales (sur une période de six années consécutives). *La Mélando* ' **9** : 11.
- Clouet M. & Joachim J. 1996 – Premiers éléments de comparaison de trois populations françaises de Beccroisés *Loxia curvirostra*. *Alauda* **64** (2) : 149-155.
- Clouet M. 1997 – Beccroisé commun. In J. Joachim, J. F. Bousquet & C. Faure, éd. *Atlas des oiseaux nicheurs de Midi-Pyrénées*.
- Clouet M. 2005 - Le Beccroisé commun *Loxia curvirostra* influence-t-il la morphologie des cônes de Pin à crochets *Pinus uncinata*? *Le Pistrac* **19** : 72-78.
- Clouet M. & Joachim J. 2008 – Sélection des cônes de pins à crochets *Pinus uncinata* par les becs-croisés des sapins *Loxia curvirostra* dans les Pyrénées. *Alauda* **76** : 223-230.
- Cramp S. 1985 – *Handbook of the bird of Europe, the Middle East and North Africa, the Birds of the Western Palearctic*. Vol. IV. Oxford.
- CTFC 2006 – *Effet de la gestion forestière sur les oiseaux dans les pinèdes subalpines de Pin à crochets dans les Pyrénées centrales et orientales*. Projet SYLVAN, chap. 4.
- Dejaivfe P. A. Novoa C. & Prodon R. 1990 – Habitat et densité de la Chouette de Tengmalm *Aegolius funereus* à l'extrémité orientale des Pyrénées. *Alauda* **58** : 267-273.
- Dubois P.J., Le-Maréchal P., Olioso G. & Yesou P. 2008 – *Nouvel inventaire des oiseaux de France*. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Fontanilles P. & Joachim J. 2012 – Venturon montagnard *Serinus citrinella*. *Atlas des Oiseaux Nicheurs de Midi-Pyrénées*. S. Fremaux, J. Ramière, Coordinateurs., Nature-Midi-Pyrénées, Delachaux-et-Niestlé : 390-391.

- Förschler M. I., Sénar J. C., Borrás A., Cabrera J. & Björklund M. 2011 – Gene flow and range expansion in a mountain-dwelling passerine with a fragmented distribution. *Biological Journal of the Linnean Society* **103** : 707-721.
- García-González R., Lescurain N. A. & Agut A. 2004 – *Estudio del régimen alimentario de la Perdiz nival (Lagopus mutus pyrenaicus) durante el periodo de reproducción (2002-2003)*. Consejo superior de investigaciones científicas (España), Office national de la chasse et de la Faune Sauvage, 28 p.
- Génard M. & Lescourret F. 1983 - Le bec-croisé des sapins (*Loxia curvirostra*). Aperçu de quelques caractères adaptatifs. *Acta Biologica Montana* **2-3** : 33-42.
- Génard M. & Lescourret F. 1985 - Les petits vertébrés et la régénération du Pin à crochets (*Pinus uncinata* Miller ex Mirbel) dans les Pyrénées orientales : consommation des graines après la dissémination. *Acta oecol., Oecol. appl.* **6** (4) : 381-392.
- Génard M. & Lescourret F. 1985 - Caractérisation de l'avifaune d'une pinède de Cergagne (Pyrénées-Orientales) : comparaison avec d'autres forêts de montagne. *Oiseau Rev. franç. orn.* **55** (4) : 277-290.
- Génard M. & Lescourret F. 1986 - Abondance et répartition des petits vertébrés consommateurs de graine de Pin à crochets (*Pinus uncinata* Miller ex Mirbel) en forêt d'Osséja (Pyrénées-Orientales). *Vie milieu* **36** (1) : 27-36.
- Génard M. & Lescourret F. 1987 – The common Crossbill, *Loxia curvirostra*, in the Pyrenees: some observations on its habitat and on its relation with conifer seeds. *Bird Study* **34** (1) : 52-63.
- Génard M. & Lescourret F. 1987 - Organisation du peuplement avien d'une forêt des Pyrénées orientales françaises. *Le Gerfaut* **77** : 463-476.
- Grimalt J. O. & van Drooge B. L. 2006 – Polychlorinated biphenyls in mountain pine (*Pinus uncinata*) needles from Central Pyrenean high mountains (Catalonia, Spain). *Ecotoxicology and Environmental Safety* **63**(1) : 63-67.
- Jiguet F. 2008 – *Suivi Temporel des Oiseaux Communs, 20 ans de programme STOC! Bilan pour la France en 2008*. Surveillance Territoriale des Oiseaux Commun (STOC). 11 p.
- Joachim J. Clouet M. Bousquet J. F. & Faure C. 1991 – Peuplements d'oiseaux nicheurs des forêts pyrénéennes centrales. Comparaison du peuplement de différentes essences. *Acta biologica montana* **10** : 135-157.
- Joachim J. 1997 – Venturon montagnard. in J. Joachim, J. F. Bousquet, & C. Faure, éd. *Atlas des oiseaux nicheurs de Midi-Pyrénées*. Association Régionale Ornithologique de Midi-Pyrénées.
- Joachim J. & Bousquet C. 2012 – Merle à plastron *Turdus torquatus*. *Atlas des Oiseaux Nicheurs de Midi-Pyrénées*. S. Fremaux, J. Ramière Coordinateurs., Nature-Midi-Pyrénées, Delachaux-et-Niestlé : 274-275.
- Massa B. 1987 – Comparaison entre les populations de beccroisés méditerranéens. *Acta biol. montana* **7** : 193-196.
- Ménoni E. 2005 – Le grand tétras, une bonne «espèce parapluie» pour la biodiversité des forêts pyrénéennes, in *Proceedings of 1^o Assises de la Forêt Pyrénéenne* : 115-121.
- Ménoni E., Novoa C., Berducou C., Canut J., Piqué J., Mossoll-Torres M., Monta M., Marin S., Campión D., Gil J. 2004 – Évaluation transfrontalière de la population de Grand tétras des Pyrénées. *Faune Sauvage*, **263** : 20-25.
- Ménoni E., Fabre-Ayala V., Cantegrel R., Revenga J., Camprodon J., Garcia D., Campión D., Afonso I., Riba L. 2012 – *Réflexion technique pour la prise en compte du Grand tétras dans la gestion forestière pyrénéenne*. FORESPIR, Union européenne, DREAL Midi-Pyrénées, Pau, 260 p.
- Novoa C. & Jacob C. 1986 - Le Grand Tétrás (*Tetrao urogallus* L.) dans les forêts de Pins à crochets des Pyrénées-Orientales. Éléments d'écologie et mesures conservatoires. *Bull. mens. Off. natl. chasse* **100** : 23-30.
- Novoa C. 1998 – *La perdrix grise dans les Pyrénées Orientales, utilisation de l'habitat, éléments de démographie, incidence des brûlages dirigés*. PhD., Université Paris 6, 200 p.
- Office national des forêts 1994 - *Gestion Forestière et Grand Tétrás. Pyrénées*, O.N.F. Ed., Toulouse.
- Pasquet E. 1994 – Venturon. In D. Yeatmann-Berthelot & G. Jarry Ed. *Nouvel Atlas des Oiseaux nicheurs de France 1985-1989*. Société ornithologique de France.
- Prodon R., Alamany O., Garcia-Ferre D., Canut J., Novoa C. & Dejaifve P. A. 1990 – L'aire de distribution pyrénéenne de la chouette de Tengmalm *Aegolius funereus*. *Alauda* **58** : 233-243.
- Regnault S. & Ménoni E. 2005 – Génétique des populations Jurassiennes et Pyrénéennes de Grand tétras. *Faune sauvage, spécial génétique*, **265**, p. 31.
- Robles L., Ballesteros F. & Canut J. 2007 – *El urogallo en España, Andorra y Pirineos franceses. Situation actual (2005)*, SEO/Birdlife, Madrid.
- Rodriguez-Munoz R., Mirol P. M., Segelbacher G., Fernandez A., Tregenza T. 2006 – Genetic differentiation of an endangered capercaillie (*Tetrao urogallus*) population at the Southern edge of the species range. *Conservation Genetic*, DOI **10**, 12 p.
- Ryall C. & Briggs K. 2006 – Some factors affecting foraging and habitat of Ring Ouzels *Turdus torquatus* wintering in the Atlas Mountains of Morocco. *Bull ABC* **13** : 17-31.
- Van-Der-Vloet H. 1964 – La chouette de tengmalm *Aegolius funereus* dans les Pyrénées-Orientales. *L'oiseau et R.F.O.* **34** : 69.

5.2 - Petits vertébrés

- Le Louarn H. & Schmitt A. 1972 – Relations observées entre la production de faines et la dynamique de population du mulot

Apodemus sylvaticus L. en forêt de Fontainebleau. *Annales des Sciences forestières* **30** (2) : 205-210.

Lescourret F. & Génard M. 1983 – Les graines de Pins à crochets : approche quantitative du rôle consommateur des petits vertébrés. *Acta biologica montana* **2-3** : 43-76.

Lescourret F. & Génard M. 1986a – Consommation des graines de pin à crochets (*Pinus uncinata* Miller ex Mirbel) avant leur dissémination par les petits vertébrés dans les Pyrénées-Orientales. *Revue d'écologie (Terre et Vie)* **41** (1) : 219-236.

Lescourret F. & Génard M. 1986b – Consommation des graines de Pin à crochets (*Pinus uncinata*) par les petits vertébrés en Néouvielle (Hautes Pyrénées) : approche quantitative et variation spatiale. *Bulletin d'Ecologie* **17** (1) : 11-19.

5.3 – Entomofaune

Brin A., Brustel H. & Valladares L. 2006 - Contribution à la connaissance des coléoptères saproxyliques de la vallée du Marcadau (Hautes-Pyrénées). *Bulletin de la Société Linn. Bordeaux*, Tome 140, n° 34 (1) : 55-64.

Brustel H. & Van Meer C. 1999 – Sur quelques éléments remarquables de l'entomofaune saproxylique pyrénéenne et des régions voisines (Coleoptera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 104 (3) : 231-240.

Brustel H., Freeman J.C., Valladares L. & Van Meer C. 2001 - Données originales sur quelques Cerambycidae des Pyrénées et régions voisines (Coleoptera). *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, 29 (1) : 11-20.

Brustel H., Valladares L. & Van Meer C. 2004 - Contribution à la connaissance des coléoptères saproxyliques remarquables des Pyrénées et des régions voisines. (Coleoptera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 109 (4) : 413-424.

Brustel H. & Soldati F. 2009 – Redécouverte en France de *Bius thoracicus* (Fabricius, 1792), après 150 ans d'absence d'observation (Coleoptera, Tenebrionidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 114 (1) : 5-9.

Brustel H. 2009 – *Antrodia* spp., Polypores hôtes de rares *Quilmus* spp. (Heteroptera Aradidae) et de *Calytis scabra* (Coleoptera Trogositidae) et révélation d'un haut lieu entomologique dans les Pyrénées : la vallée du Rioumajou. *L'Entomologiste*, tome 65, 2009, **5** : 281-286.

Dajoz R. 1990 – Coléoptères et Diptères du pin à crochets dans les Pyrénées orientales. Etude biogéographique et écologique. *L'Entomologiste*, 46 (6) : 253-270.

Dajoz R. 1971 – Sur trois coléoptères du Massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). *Cahier des Naturalistes, Bull. N.P.*, n. s. **27** : 13-20.

Dajoz R. 1975 – Les biocénoses de coléoptères de la Haute vallée d'Aure et du massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). *Cahier des Naturalistes, Bull. N.P.*, n. s. **31**, 1977 : 1-40.

Freitag A., Guisan A. et al. 2001 – Application d'un échantillonnage aléatoire stratifié pour l'étude de la distribution des fourmis des bois. *Colloque Insectes Sociaux*, **14** : 27-31.

Iablokof A. Kh. 1949 – Sur l'éthologie de quelques reliques de la glaciation würmienne faisant partie des faunes entomologiques boréo-alpines des Hautes pyrénées. *Bull. SHNT*, n° 84, (1-2) : 75-89.

Iablokof A. Kh. 1951 – Reliques glaciaires et réserves biologiques. *Compte rendu sommaire des séances de la Société de Biogéographie*, 247 : 185-199.

Soldati F. & Soldati L. 2010 – Les *Corticeus* Piller et Mitterpacher, 1783 de la faune de France (Coleoptera, Tenebrionidae, Diaperinae). *Bulletin Rutilans XIII-3* : 65-82.

Speight M.C.D. 1989 – *Les invertébrés saproxyliques et leur protection*. Conseil de l'Europe, collection Sauvegarde de la Nature, n° 42, 77 p.

Torossian C. & Gion J.-S. 1987 – Les fourmis du groupe *Formica rufa* et leurs relations avec les milieux forestiers d'altitude. *Acta biologica montana* **2-3** : 383-404.

Vallet G. 1999 – Dans le bois du pin à crochets : le *Tragosoma deparium*. *Les feuilles du Pin à crochets*, Ed. du Pin à crochets, Pau, **1** : 90-93.

5.4 – Biocénoses forestières d'altitude

Cantegrel R. 1989 – La régénération du Pin à crochets à sa limite occidentale : première approche cartographique (Massif d'Anie ; Pyrénées). *Act. biol. mont., Biocénoses d'altitude* **9** : 169-178.

CTFC 2008 – *Manuel de bonnes pratiques pour la gestion du Pin à crochets en Catalogne*. Projet SYLVAN, chap. 7.

Dendaletche C. 1974 – *Guide du naturaliste dans les Pyrénées occidentales. 2. Hautes montagnes*. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 429 p.

Dendaletche C. 1997 – *Guide du Naturaliste dans les Pyrénées. La vie sauvage et celle des hommes en montagne*. Delachaux & Niestlé, Lausanne, 336 p.

Fischesser B., 1982 – *La vie de la montagne*. Chêne, Hachette, 258 p.

Puig J.N. 1982 – *Recherche sur la dynamique des peuplements forestiers en milieu de montagne : contribution à l'étude de la régénération en forêt d'Osséja*. Thèse, Université de Toulouse, 188 p.

EN GUISE DE CONCLUSION

***UN GUIDE DE GESTION
MULTIFONCTIONNELLE DU
PIN À CROCHETS DES PYRÉNÉES***

Stéphane Nougier,

Office national des forêts, Agence Aude – Pyrénées Orientales

avec la collaboration de

Lluís Coll*, Laurie Sivade et Sébastien Chauvin*****

**Centre tecnològic forestal de Catalunya*

***Parc naturel régional des Pyrénées catalanes*

****GEIE Forespir*

La gestion des peuplements de Pin à crochets et la relance de la filière bois le concernant représentent un enjeu fort pour le massif pyrénéen qui compte 110 000 hectares de cette essence sur l'ensemble de la chaîne, dont 84 % sont localisés en Catalogne du Sud et dans le département des Pyrénées-Orientales.

Les Pyrénées ont donc cette particularité d'abriter les principales forêts naturelles de Pin à crochets d'Espagne et de France du fait d'un contexte écologique, climatique et historique (déprise rurale) qui a favorisé cette essence dont la gestion représente un élément important pour ce territoire. Que ce soit pour la production de bois (concentrée sur la partie orientale de la chaîne) avec le maintien d'une activité économique aujourd'hui en difficulté, pour la préservation de la biodiversité, pour le sylvopastoralisme, pour l'accueil du public et le maintien de la qualité paysagère, les forêts de ces territoires sont de réels atouts en faveur du développement local. Or, la multifonctionnalité de ces peuplements et la forte valeur environnementale de ces écosystèmes particuliers supposent la définition de techniques sylvicoles fines et adaptées qui jusqu'alors faisaient défaut aux gestionnaires. C'est dans ce contexte qu'est né ce guide¹ de gestion des peuplements de Pin à crochets, grâce à un partenariat engagé depuis plusieurs années dans une démarche d'échange d'expérience et de mise en commun d'outils et de méthodes de gestion d'un espace partagé.

Il est le fruit de 3 ans de travail appuyé par l'Union Européenne, la Région Languedoc-Roussillon, le conseil général des Pyrénées-Orientales et la Generalitat de Catalunya dans le cadre du projet de coopération transfrontalière Unci'plus. Y ont participé le Parc naturel régional des Pyrénées Catalanes, l'Office national des forêts, le Centre régional de la propriété forestière de Languedoc-Roussillon, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, la Generalitat de Catalunya, le Centre tecnològic forestal de Catalunya et l'Institut català de la Fusta, sous la coordination du GEIE FORESPIR.

Ce guide, élaboré par les gestionnaires forestiers français et espagnols tant des forêts publiques que privées qui partagent des enjeux de gestion quasi-similaires, prend en compte l'ensemble des fonctions assurées par ces formations forestières.



*Photo 1 : Tournée de terrain animée par les forestiers catalans de la Generalitat de Catalunya
Source : GEIE FORESPIR. (Photo J. Bouillerc Mirassou)*

¹ Centre tecnològic forestal de Catalunya, Office national des forêts, Parc naturel régional des Pyrénées catalanes et al. 2012 – Guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées. Projet POCTEFA n° EFA82/08 Unci'plus « La gestion des peuplements et la valorisation du bois de pins à crochets », 184 p.

1 • DES ORIENTATIONS DE GESTION MULTIFONCTIONNELLE POUR LES PEUPELEMENTS ORIENTAUX DE PIN À CROCHETS

1.1 • Un diagnostic adapté aux enjeux multiples

Il existe une bibliographie et un corpus consistant de documents sur l'écologie du Pin à crochets. Cependant, les gestionnaires de peuplements de Pin à crochets pyrénéens (forestiers, responsables d'espaces protégés, etc.) demeurent confrontés à l'absence de références techniques de gestion opérationnelle. Ce guide de gestion a ainsi pour ambition de mettre à leur disposition des outils d'aide à la décision permettant la mise en œuvre d'une sylviculture répondant à des objectifs de production de bois ou de protection contre les risques naturels prenant en compte les enjeux relatifs à la biodiversité, aux paysages et au pastoralisme.

Ce guide n'est donc pas une monographie sur l'écologie du Pin à crochets. En revanche, les rédacteurs du guide ont souhaité dresser un tableau synthétique des enjeux afférents aux peuplements de Pin à crochets. C'est l'objet du premier chapitre intitulé « les peuplements de Pin à crochets des Pyrénées » qui dresse ainsi les éléments de contexte qui ont prévalu dans les choix de gestion proposés.

Cultiver la forêt, agir sur les peuplements passe par l'utilisation d'outils de diagnostic adaptés aux enjeux. Il s'est rapidement dégagé un consensus quant à l'intérêt d'une typologie de peuplements qui constitue le compromis le plus acceptable pour réaliser des descriptions de peuplements à coût raisonnable. Ces descriptions restent suffisamment détaillées pour donner des orientations sylvicoles pertinentes. Aussi le deuxième chapitre du guide présente-t-il la typologie retenue, son champ d'utilisation ainsi que la clé de détermination.

Le cœur du guide se trouve dans le troisième chapitre qui propose les orientations de gestion des peuplements. Il est subdivisé en deux parties. La première fournit des recommandations générales à l'échelle de la forêt ou du massif forestier (de quelques hectares à plusieurs centaines d'hectares) tandis que la deuxième partie aborde la gestion à l'échelle du type de peuplements.

1.2 • Le domaine de validité du guide

Volontairement, les situations abordées sont limitées, en termes :

- géographique : aux seules forêts des Pyrénées,
- sylvicoles : aux peuplements de Pin à crochets majoritaires en couvert forestier,
- écologiques : aux formations forestières subalpines et montagnardes,
- socio-économiques : au rôle de production de bois et au rôle de protection contre les risques naturels.

La biodiversité, le paysage et le pastoralisme sont pris en compte comme des enjeux associés.



*Photo 2 :
30 000 m³ de Pin à crochets
sont exploités chaque année
dans l'Est des Pyrénées.
(Photo Georges Bartoli
(Cerdanya) Parc naturel régional
des Pyrénées catalanes)*

1.3 • Des utilisateurs diversifiés

La portée du guide est variable en fonction des utilisateurs. Le guide constitue une référence pour les personnels des structures qui ont financé et contribué techniquement à l'élaboration du document :

- la Generalitat de Catalunya,
- le Centre tecnològic forestal de Catalunya,
- l'Office national des forêts,
- le Parc naturel régional des Pyrénées Catalanes,
- les Centres régionaux de la propriété forestière en France (Aquitaine, Midi Pyrénées, Languedoc Roussillon).

L'ensemble des contributeurs techniques bénéficie d'une diffusion sous la forme d'un manuel de terrain.

Ce document peut en outre être utilisé comme une boîte à outils par tous les gestionnaires de milieux naturels et tous les forestiers pyrénéens, y compris ceux qui n'étaient pas partie prenante du projet. Il fait l'objet d'une mise en ligne sur les sites internet du programme (www.unciplus.eu), du GEIE FORESPIR (www.forespir.com), de la Generalitat de Catalunya (www.gencat.cat), du CRPF (www.crpf-lr.com), du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes (www.parc-pyrenees-catalanes.fr).

2 • DES RECOMMANDATIONS DE GESTION POUR L'ENSEMBLE DES PEUPELEMENTS DE PIN À CROCHETS

2.1 • Biodiversité, paysage, diversité génétique et pastoralisme

Les enjeux nécessitant une approche à grande échelle ont fait l'objet de recommandations détaillées. Les rédacteurs ont plus particulièrement précisé les thématiques suivantes : biodiversité, paysage, diversité génétique², pastoralisme. On y trouvera par exemple des orientations concrètes sur la préservation des populations de Grand Tétrás (prise en compte du domaine vital, places de chants, zones d'élevage, etc.).

2.2 • Choix des traitements sylvicoles

Le choix du traitement sylvicole dépend de trois critères essentiels :

- l'état actuel des peuplements et les contraintes stationnelles,
- les objectifs déterminants à moyen et long terme,
- la stratégie patrimoniale du propriétaire.

Le guide donne des éléments d'information permettant d'éclairer le choix des aménagistes (maintien du traitement en futaie régulière ou irrégulière ainsi que les transitions possible de l'une à l'autre).

2.3 • Contraintes de mobilisation

Les diamètres d'exploitabilité relativement faibles du Pin à crochets et les fortes contraintes de mobilisation ont été pris en compte dans les itinéraires sylvicoles. Il est en outre proposé un outil d'aide à la décision pour les aménagistes pour cartographier les zones exploitables au regard des contraintes topographiques des massifs montagneux.



Photo 3 : La sylviculture préconisée dans le guide permet d'assurer la multifonctionnalité des peuplements de Pin à crochets et de préserver la valeur environnementale des écosystèmes pyrénéens d'altitude

2 La question des ressources génétiques forestières fait l'objet de la 3^e partie du présent dossier.

3 • DES RECOMMANDATIONS DE GESTIONS SYLVICOLES POUR LES PEUPELEMENTS À VOCATION DE PRODUCTION/PROTECTION

3.1 • Un outil pour la description : la typologie de peuplements

Les typologies de peuplements de Pin à crochets dans les Pyrénées orientales distinguent quatre types réguliers (régénération/futaie régulière à petits bois/futaie régulière à bois moyens/futaie régulière à gros bois), quatre types irréguliers (clair/à dominante petits bois et bois moyens/équilibré/à dominante gros bois et bois moyens) et un type intermédiaire (futaie à deux étages). Le principal critère descriptif utilisé dans la clé de détermination des peuplements est la surface terrière. C'est une donnée facilement mesurable à l'échelle du peuplement observé (1/4 ha) qui ne nécessite qu'un matériel léger (relascope à chaînette). On y adjointra dans certains cas d'autres critères : densité de tiges et stratification verticale. La détermination peut donc *in fine* être réalisée sur le terrain avec un temps de formation rapide (une demi-journée).

Chaque peuplement fait l'objet d'une fiche synthétique d'une page (annexe 1) rappelant ses principales caractéristiques dendrométriques (surface terrière par catégorie de diamètre, diamètre moyen, structuration verticale, densités, etc.)



*Photo 4 : Le martelage (choix des tiges à exploiter), acte clé du gestionnaire forestier
(Photo Georges Bartoli - forêt communale d'Eyne) Parc naturel régional des Pyrénées catalanes*

3.2 • La fonction de protection contre les risques naturels

Ce volet est élaboré sur la base du Guide des sylvicultures de montagne pour les Alpes du Sud, développé dans l'ouvrage : « Forêts de protection contre les aléas naturels : diagnostics et stratégies » (éditions QUAE, 2009) dont plusieurs éléments sont repris.

Le gestionnaire forestier doit maintenir ou améliorer le rôle de protection que jouent les forêts vis-à-vis des risques naturels. Mais il est contraint de limiter les investissements et les travaux, d'autant plus que la gestion des peuplements dédiés à la protection est souvent déficitaire. Il lui faut donc trouver le meilleur compromis entre interventions minimales et maintien du rôle de protection. Cela impose des questions et une démarche particulières.

Il convient donc de répondre à une première question : faut-il intervenir au titre de la protection contre un aléa naturel ?

Le guide est conçu pour aider le gestionnaire à construire la réponse, laquelle suppose un diagnostic préalable sur l'existence d'un risque naturel. En effet, des peuplements qui ont été gérés voire installés au titre de la protection n'ont pas nécessairement conservé un rôle de protection physique dans le contexte actuel. En cas de risque avéré, il faut ensuite évaluer l'efficacité du rôle actuel de la forêt et prévoir l'évolution du niveau de protection en l'absence d'intervention. Enfin, il est souvent nécessaire d'évaluer l'urgence d'une intervention pour se concentrer sur les actions prioritaires.

C'est seulement dans une seconde étape qu'on se pose la question suivante : comment intervenir dans les peuplements forestiers ? Il s'agira d'optimiser l'intervention en fonction des caractéristiques actuelles du peuplement et de celles qui sont requises pour maîtriser l'aléa.

3.3 • Des règles de gestion par type de peuplements...

Chaque type de peuplement fait ensuite l'objet d'une fiche décrivant les itinéraires sylvicoles envisageables (exemple en annexe 2) dans l'objectif de produire du bois et/ou de faire assurer aux peuplements une fonction de protection contre les aléas naturels. Les prescriptions relatives à la biodiversité ou au paysage sont circonscrites aussi concrètement que possible aux itinéraires sylvicoles préconisés. Les contraintes stationnelles sont prises en compte sur la base d'un diagnostic simple (trois classes de fertilité) et se traduisent par une différenciation significative de la sylviculture envisagée.

3.4 • ...Mais un souci constant de pragmatisme !

Le guide se veut pragmatique : il formalise en effet des orientations de gestion répondant aux contraintes économiques actuelles en matière de mobilisation (minimum de 50 m³/ha) ou de travaux sylvicoles (abandon des dépressages au profit de détourages ciblés) ainsi qu'aux évolutions récentes de la filière, en particulier l'augmentation de la demande en bois énergie.

L'expérience de pratiques diversifiées et la bonne humeur furent aussi des ingrédients marquants de ce travail impliquant des forestiers de tous les horizons. La culture du consensus a animé en permanence les acteurs du projet pour aboutir à la production d'un guide répondant à leurs aspirations et à leurs contraintes parfois divergentes sans remettre en cause, nous l'espérons, la qualité du document.

ANNEXES

A1• Exemple de fiche pour l'un des neuf types de peuplement

chapitre 2

RGB Futaie régulière à gros bois

Aspects généraux

▶ Densité et surface terrière

Il s'agit toujours de peuplements à densité peu élevée de moyenne à basse : de 200 à 500 t/ha.

Surface terrière variable, mais en général de moyenne à haute. Elle est souvent légèrement en dessous des 30 m²/ha.

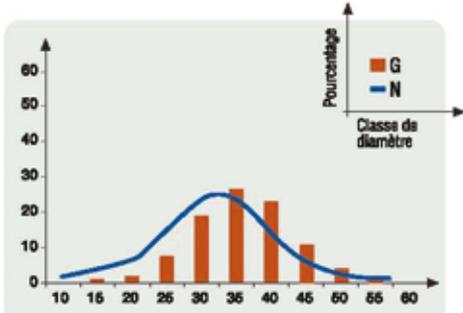
▶ Structure verticale

Il existe une strate supérieure qui domine clairement, formée par les arbres de la futaie. Des arbres peuvent ponctuellement apparaître dans la strate intermédiaire ou inférieure (celui de la régénération), mais ils n'auront pas une occupation significative.

▶ Structure horizontale

RGB





Les classes diamétriques de 30, 35 et plus dominent tant en surface terrière qu'en nombre de tiges. Il existe une dominance claire des gros bois.

La régénération peut être absente ou commencée à être abondante, surtout dans le cas de petites trouées dans le couvert de la futaie.

Fourchettes caractéristiques des valeurs dendrométriques

N (t/ha)	G (m ² /ha)	D _m (cm)	Distribution de G			Distribution de N			Cf
			PB	BM	GB	PB	BM	GB	
200 - 500	20 - 40	> 27	< 15%	< 35%	> 55%	< 35%	< 45%	> 30%	0,46

Cf : coefficient de forme

Caractéristiques de définition dans la clé de détermination

- > Diamètres centrés autour d'une classe (≥ 65% de G_{tot} en 3 classes de diamètre contigües).
- > [G_{PB} < 50% de G_{tot}] et [G_{GB} > 40% de G_{tot}].

TYPOLOGIE DES PEUPELEMENTS

51

A2• Itinéraire sylvicole des peuplements adultes de Pin à crochets à fonction de production

Chaque itinéraire sylvicole possède une entrée typologique (exemple en annexe 1) distinguant 9 types de peuplement : 4 réguliers, 4 irréguliers et 1 type intermédiaire (futaie à 2 étages).

- *Peuplements réguliers :*
 - RR** (régénération),
 - RPB** (futaie régulière à PB),
 - RBM** (futaie régulière à BM),
 - RGB** (futaie régulière à GB),
- *Peuplement intermédiaire :*
 - R2** (futaie à 2 strates),
- *Peuplements irréguliers :*
 - IC** (irrégulier clair),
 - IPB** (irrégulier à petits bois et bois moyens),
 - IGB** (irrégulier à gros bois),
 - IEQ** (irrégulier équilibré).

Ensuite, la dynamique naturelle de succession des types de peuplement est précisée en fonction du degré de perturbation affectant le cycle sylvi-génétique.

Enfin, les objectifs de production sont fixés avec les itinéraires techniques permettant, selon la classe de fertilité, le maintien de la structure héritée (régulière ou irrégulière) ou son évolution souhaitable.

La même démarche est transposée lorsque prédomine un objectif de protection (non développé dans l'exemple ci-dessous).

.../...

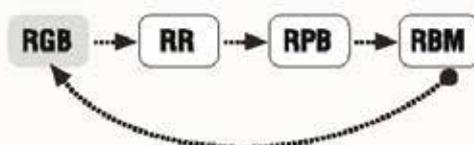
RGB Futaie régulière à gros bois

Dynamique naturelle

> Induite par de petites perturbations :

L'évolution naturelle de ce peuplement sera une irrégularisation progressive au fur et à mesure de la mortalité des arbres en place.

> Induite par de grandes perturbations :

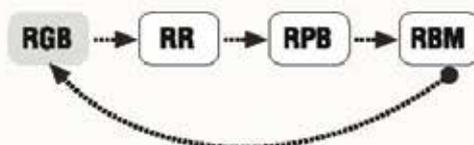


Objectif de production

Stades successifs selon le traitement choisi

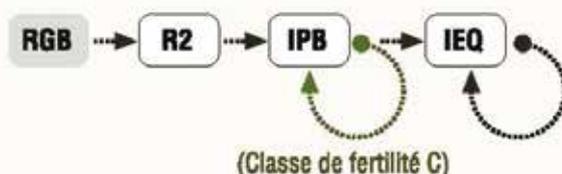
> TRAITEMENT EN FUTAIE REGULIERE

Itinéraire 1 : Ce type de peuplement est géré en futaie régulière et conduit vers la Régénération (RR).



> TRAITEMENT EN FUTAIE IRREGULIERE

Itinéraire 2 : A retenir lorsque les stations sont médiocres et les peuplements en place assez clairs (avec $G \approx 20$ à $25 \text{ m}^2/\text{ha}$), avec une difficulté certaine de la régénération à s'installer.



► Modalités d'intervention

Itinéraire 1

TRAITEMENT: FUTAIE REGULIERE

Nature des interventions :

Classe (A) : Fertilité BONNE

> Si le diamètre d'exploitabilité n'est pas atteint, une éclaircie par le haut est réalisée afin de réduire G de 8 à 10 m². Le gestionnaire a aussi la possibilité de réaliser une coupe dite "préparatoire" parmi les 600 à 400 tiges/ha constituant les semenciers potentiels. L'objectif est de préparer la bonne répartition des tiges et de permettre une meilleure fructification des houppiers en favorisant l'éclaircissement latéral.

Si le peuplement présente un dépérissement marqué (bouquets de tiges en phase de mortalité) ou répété dans le temps, le gestionnaire n'attend pas et entame une coupe d'ensemencement.

> Lorsque le diamètre d'exploitabilité est atteint le gestionnaire intervient en fonction de la valeur de G et de sa stabilité :

A) Si G est compris entre 30 à 45 m²/ha et que le peuplement est stable, le gestionnaire programme une coupe d'ensemencement en ramenant G ≈ 20 m². Il doit agir sur plusieurs éléments : l'étage dominant, le sous étage et le sol.

- **L'étage dominant** : parmi les tiges initiales de l'étage dominant, 200 à 300 tiges/ha dites "semenciers" bien réparties spatialement sont conservées afin d'obtenir un ensemencement le plus complet possible de l'unité de gestion. Cela passe par l'élimination des tiges gênantes, mal conformées, ou dépérissantes. *Le gestionnaire conserve entre 5 et 10 arbres remarquables par ha pour leur caractère écologique (au minimum 3 arbres par ha selon les disponibilités biologiques du peuplement), soit ceux identifiés lors des précédentes interventions, soit en les désignant à ce stade.* La mise en lumière des houppiers favorise la fructification. Si une coupe "préparatoire" a déjà eu lieu, l'intervention est plus facile à mettre en oeuvre.

- **Le sous étage** : un des effets de celui-ci est de limiter l'éclaircissement du sol et ainsi réduire le développement de la régénération. Par conséquent, à ce stade, il est exploité dans son intégralité. *On veille néanmoins à conserver les feuillus, en les maintenant si possible par bouquets et les espèces clés sous arbustives et arbustives, aussi bien réparties que possible dans toute la parcelle.*

B) Lorsque G a une valeur entre 20 et 30 m²/ ha avec un enjeu paysager fort et/ou écologique, ou si le peuplement a été conduit initialement de manière peu dynamique, une "éventuelle" coupe secondaire de rattrapage est envisagée.

Elle sera programmée 8 à 10 ans après la coupe d'ensemencement avec pour objectif de ramener $G \leq 15 \text{ m}^2$. Le gestionnaire suit les recommandations de gestion pour le paysage, développées dans ce guide. Concernant la biodiversité, l'étalement dans le temps des prélèvements est bénéfique puisqu'il évite les modifications brutales de structures, préjudiciables pour certaines espèces, notamment sur les secteurs de reproduction du grand tétras.

C) Lorsque G a une valeur inférieure à 20 m^2 , on réalise la coupe définitive selon les modalités détaillées pour le type "Régénération" (RR).

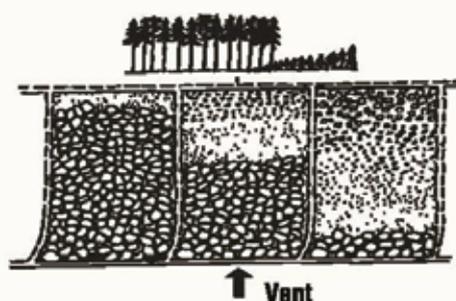
D) Lorsque le peuplement est dépérissant et instable ($G > 45 \text{ m}^2/\text{ha}$), il peut être envisagé d'intervenir de manière radicale mais face au risque combiné de dépérissement et d'instabilité, il n'existe pas d'autres d'alternatives viables permettant un renouvellement des peuplements sans pertes économiques.

Il s'agit de renouveler le peuplement en quinze années par trois coupes rases successives parcourant chacune $1/3$ du peuplement à régénérer. L'opération se résume à créer 1 à 2 grandes trouées, de formes elliptiques couvrant le $1/3$ de la surface de l'unité de gestion, avec débardage aléatoire pour "travailler sommairement" le sol. Cinq ans après, une nouvelle ouverture sera mise en oeuvre de la même manière sur de nouveau $1/3$ de la surface. La seule recommandation technique pour ces trouées est de retenir que le diamètre le plus grand sera orienté suivant la courbe de niveau. L'option de bandes dans le sens de la pente (attention à la direction du vent dominant) de forme rectangulaires peut s'envisager **si aucun enjeu paysager ou social n'existe**.

Dans chaque tiers, on conserve entre 5 et 10 arbres remarquables par ha pour leur caractère écologique (au minimum 3 arbres par ha selon les disponibilités biologiques du peuplement). Ces arbres ont également leur importance dans les stades suivants (perchis). Si possible, les arbres conservés sont connectés à ceux maintenus pour raisons écologiques dans les parcelles adjacentes.

Le gestionnaire doit prendre garde :

- > à l'érosion du sol suite à ces grandes ouvertures et par conséquent attendre le temps nécessaire à l'installation des semis pour exploiter le $1/3$ restant ;
- > au problème de stabilité des tiges restantes ;



> à un dépérissement important des tiges restantes.

L'objectif n'est pas d'aboutir à "la brosse de semis" mais d'avoir une assez bonne répartition spatiale occupée par la régénération à chaque mise en œuvre de la coupe suivante. Exceptionnellement, des plantations peuvent être envisagées (sur les bonnes stations forestières), si la régénération est toujours insuffisante (<50% de la surface) cinq années après la dernière coupe rase.

Classe (B) : Fertilité MOYENNE

> Mêmes recommandations que pour la fertilité BONNE.

Le temps d'attente de l'installation des semis pourra être de 15 à 20 ans avant le passage suivant en coupe définitive. L'alternative de programmer une coupe secondaire est envisageable pour les unités de gestion dont les stations sont proches de celles retenues en fertilité FAIBLE. Le gestionnaire est particulièrement vigilant vis-à-vis de la stabilité du peuplement lors de la coupe d'ensemencement, surtout en haute altitude (≥ 1900 m) ainsi qu'à l'état sanitaire général.

Le sol peut être "travaillé" avant coupe à l'aide d'un engin facile à mettre en œuvre (charrue à disque) mais en aucun cas des plantations ne seront programmées.

Classe (C) : Fertilité FAIBLE

Mêmes recommandations que pour la fertilité MOYENNE pour des peuplements ne présentant pas de problèmes sanitaires. A contrario, au lieu de récolter régulièrement des tiges sèches en tentant vainement « d'améliorer » le peuplement, le gestionnaire procède à une récolte complète par coupe rase sans avoir obligatoirement des semis installés, afin de ne pas occasionner de pertes économiques au propriétaire.

Il conserve entre 5 et 10 arbres remarquables par ha pour leur caractère écologique (au minimum 3 arbres par ha selon les disponibilités biologiques du peuplement), soit ceux identifiés lors des précédentes interventions, soit en les désignant à ce stade.

Ce choix s'effectuera au regard des enjeux paysagers, sociaux et environnementaux.

> Le sol peut être "travaillé" avant coupe à l'aide d'un engin facile à mettre en œuvre (charrue à disque) mais en aucun cas des plantations ne seront programmées.

Itinéraire 2

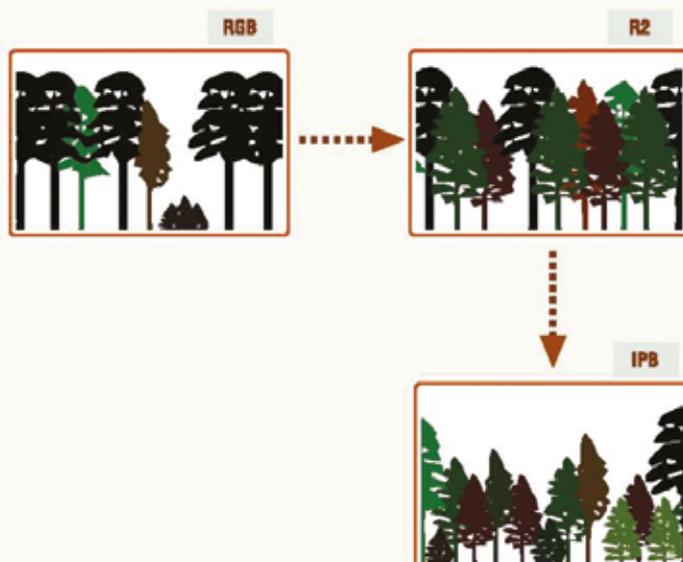
TRAITEMENT: FUTAIE IRREGULIERE EN FERTILITE C

Nature des interventions :

Classe (C) :

Fertilité FAIBLE et lorsque G atteint 25 m²/ha

On cherche à aller vers le type IPB. On fait chuter la surface terrière de 8 à 10 m²/ha dans l'objectif de mobiliser plus de 50 m³/ha. On ouvre des trouées de faible surface (3 à 4 par hectare avec un diamètre égale à 1,5 ou 2 fois la hauteur dominante du peuplement) en s'appuyant sur les zones couvertes de régénération ou sur des bouquets de Gros Bois. On récolte prioritairement les arbres ayant atteint leur diamètre d'exploitabilité et on intervient par ailleurs en amélioration dans les bois moyens afin d'obtenir deux strates. *Le gestionnaire conserve entre 5 et 10 arbres remarquables par ha pour leur caractère écologique (au minimum 3 arbres par ha selon les disponibilités biologiques du peuplement).* Au fur et à mesure que le couvert de la strate arborescente se développera, l'importance du genêt pugatif (*Cytisus purgans*), sera réduite.



Dans la même collection

- N° 1 Le Balbuzard pêcheur - Etude de la population nicheuse en région Centre
- N° 2 XI^e Congrès forestier mondial - Contributions des personnels de l'Office national des forêts
- N° 3 Un massif forestier et son histoire : la forêt de Saint-Antoine
- N° 4 Foresterie internationale - Textes de base et références à l'usage des forestiers francophones
- N° 5 Lexique des arbres forestiers du Cambodge
- N° 6 Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera L.*) dans le bassin occidental de la Méditerranée : systématique, écologie, dynamique et gestion
- N° 7 Les statistiques forestières - Catalogue des sources de données anciennes 1800-1950
- N° 8 Évolution hydrographique et hydrogéologique en plaine de la Hardt et en plaine de l'III
- N° 9 Les invertébrés dans l'écosystème forestier : expression, fonction, gestion de la diversité
- N° 10 Sylvopastoralisme : l'expérience du Haut-Verdon
- N° 11 Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique
- N° 12 Régime forestier - Regards sur la forêt communale
- N° 13 Coléoptères saproxyliques et valeur biologique des forêts françaises
- N° 14 La bécasse des bois (*Scolopax rusticola*)
- N° 15 Effets de l'exploitation forestière sur la qualité des sols
- N° 16 La forêt face au changement climatique - Adapter la gestion forestière
- N° 17 Le voyage des plantes - Actes du colloque de Pézanin
- N° 18 Les mammifères forestiers (Actes du XXVIII^e colloque francophone de mammologie de la SFPEM - 21-22-23 octobre 2005 à la Bergerie Nationale de Rambouillet (78))
- N° 19 L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation : synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires entomologiques en forêt » (Inv.Ent.For.)
- N° 20 Sociétés bocagères et pratiques forestières : L'exemple de la forêt de Saint-Sever XVII^e-XIX^e siècles
- N° 21 Effets des interventions sylvicoles sur la diversité génétique des arbres forestiers
- N° 22 Les amendements calco-magnésiens en forêt - Impact sur le fonctionnement de l'écosystème
- N° 23 Louis de Froidour - (1626 - 1685) Notre héritage forestier Histoire et tradition forestière - Colloque HisTraFor 2012
- N° 24 Histoire et traditions forestières - Colloque HisTraFor 2012 - Patrice HIRBEC

Ces ouvrages sont disponibles dans le point de distribution suivant :

Office National des Forêts - Département Recherche - Boulevard de Constance - 77300 Fontainebleau



DIRECTION TECHNIQUE ET COMMERCIALE BOIS
2, avenue de Saint-Mandé - 75570 Paris cedex 12 - FRANCE
Tél : (33) 1 40 19 58 00 - Fax : (33) 1 40 19 78 03
www.onf.fr

ISBN : 978-2-84207-376-3

9782842073763



DIRECTION TECHNIQUE ET COMMERCIALE BOIS
2, avenue de Saint-Mandé - 75570 Paris cedex 12 - FRANCE
Tél : (33) 1 40 19 58 00 - Fax : (33) 1 40 19 78 03
www.onf.fr

ISBN : 978-2-84207-376-3

9782842073763