

Le MONDE des PLANTES

INTERMÉDIAIRE DES BOTANISTES

FONDÉ EN 1898 PAR H. LÉVEILLÉ

RÉDACTION :

Gérard LARGIER, Thierry GAUQUELIN, Guy JALUT

TRÉSORERIE : LE MONDE DES PLANTES

CCP 2420-92 K Toulouse

Tél. : 05 62 95 85 30

ADRESSE :

ASSOCIATION GESTIONNAIRE DU MONDE DES PLANTES

Conservatoire botanique pyrénéen, Vallon de Salut, BP 70315

65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

Courriel : lemonde.desplantes@laposte.net

ACTES DU XIII^E COLLOQUE INTERNATIONAL DE BOTANIQUE PYRÉNÉO-CANTABRIQUE

TARGASONNE

(PYRÉNÉES-ORIENTALES, FRANCE)

14 AU 17 OCTOBRE 2024



XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique
Targasonne (Pyrénées-Orientales, France), 14 au 17 octobre 2024

Le XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique a été organisé du 14 au 17 octobre 2024 à Targasonne, sur le site de Thémis Solaire Innovation (Pyrénées-Orientales, France) par le Conservatoire botanique national méditerranéen et les partenaires du projet FLORAPYR3D, qui a comme objectif de surveiller et conserver la flore et les végétations pyrénéennes, mené dans le cadre du programme européen de coopération transfrontalière Espagne-France-Andorre (INTERREG POCTEFA). En amont du colloque, se sont tenus les ateliers techniques des projets FLORAPYR3D et FLORALAB+, ce dernier visant à développer des stratégies et des outils partagés en faveur de la flore de l'est des Pyrénées.

Organisation et secrétariat

Conservatoire botanique national méditerranéen

Partenaires organisateurs

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées

Fédération des réserves naturelles catalanes

OREKAN - Gestión Ambiental de Navarra

Instituto Botánico de Barcelona - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Autres partenaires

Consorci del Museu de Ciències Naturals de Barcelona

Universitat de Barcelona

Andorra Recerca i Innovació

Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE, Centre national de la recherche scientifique Occitanie ouest)

Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC)

Partenaires associés

UMR AMAP, Institut de recherche pour le développement
 GEIE FORESPIR

Bazzania S.C., Investigación y gestión en Biodiversidad

Sociedad de Ciencias Aranzadi

Université Toulouse III Paul Sabatier

Université de Perpignan Via Domitia

Consorcio de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos -
 Observatorio Pirenaico de Cambio Climático

Comité d'organisation

Jocelyne Cambecèdes (CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées), Jessica Lucas (CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées), Maria Martin (Fédération des Réserves naturelles catalanes), Vanessa Claveria (Gestion Ambiental Navarra), Neus Nualart (Consorci del Museu de Ciències Naturals de Barcelona) & l'ensemble de l'équipe du Conservatoire botanique national méditerranéen.

Secrétariat du colloque

Brianda Jimenez & Lise Cantu (CBN méditerranéen)

Comité scientifique

Xavier Font (Universitat de Barcelona), Thierry Gauquelin (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale), Frédéric Médail (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale), Javier Peralta (Universidad Pública de Navarra), Mikel Lorda (Botaniste), James Molina (ex CBN méditerranéen), Gérard Largier (ex CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées) & Luis Villar (Institut pyrénéen de l'écologie, Herbar JACA).

Comité de relecture des actes

Arnaud Albert (Office français de la biodiversité), Olivier Argagnon (CBN méditerranéen), Véronique Bonnet (CBN alpin), Gérard Briane (Université de Toulouse Jean Jaurès), Michel Boudrie, Jordi Carreras (Universitat de Barcelona), Philippe Choler (Université de Grenoble), Cédric Dantant (Parc national des Écrins), Alain Dutartre, Ninon Fontaine (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive-CNRS), Guillaume Fried (Agence nationale de sécurité sanitaire), Teresa Garnatje (Instituto Botánico de Barcelona-CSIC), Vincent Gaudillat (PatriNat, OFB-MNHN-CNRS-IRD), Thierry Gauquelin (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale), Estela Illa Bachs (Universitat de Barcelona), Éric Imbert (Université de Montpellier), Gérard Largier (Le Monde des Plantes), Alessio Maccagni (xxx), Adèle Rauzier (Parc national du Mercantour), Ignasi Soriano (Universitat de Barcelona) & Irene Teixidor-Toneu (Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale).

Secrétariat de la publication des actes

Lise Cantu & Julie-Anne Burkhart (CBN méditerranéen), Gérard Largier (Le Monde des Plantes) & Anne Gaultier (CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées)

Citation de la publication

(...)

Le projet FLORAPYR3D est cofinancé à 65% par l'Union européenne à travers le Programme Interreg VI-A Espagne-France-Andorre (POCTEFA 2021-2027). L'objectif du POCTEFA est de renforcer l'intégration économique et sociale de la zone frontalière Espagne-France-Andorre. Le projet FLORAPYR3D est également cofinancé par la Région Occitanie / Pyrénées Méditerranée, la Région Nouvelle-Aquitaine, l'État Préfet de Région Occitanie (FNADT Massif des Pyrénées) et le Gobierno de Navarra.

Couverture : *Draba incana* L. © Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

SOMMAIRE

[a] : article, [rp] : résumé de poster, [rc] : résumé de communication.

Introduction

Ouverture du XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique
Karine Faure

Conférence d'ouverture

La connaissance de la flore pyrénéenne. Apports des colloques de botanique pyrénéo-cantabrique et perspectives [a]

El conocimiento de la flora pirenaica. Aportaciones de los coloquios de botánica pireneo-cantabrica y perspectivas

Gérard Largier et James Molina

Session Les avancées sur la connaissance et la conservation de la flore des Pyrénées

Sectorización fitogeográfica del NE de la Península Ibérica en base a la flora de cuadrados UTM [rc]

Sectorisation phytogéographique du nord est de la péninsule ibérique basée sur la flore des carrés UTM

Xavier Font, Daniel Gómez, Mikel Lorda, María Begoña García, Carles Burguera, Berta Mora, Manuel Pizarro, Carlos Díaz-Gil & Ignasi Soriano

Le Plan national d'actions en faveur des plantes menacées des estives pyrénéennes [rp]

Plan de acción nacional para las plantas amenazadas de los pastos de montaña de los Pirineos

Thomas Sanz, Maëlle Le Berre & Jocelyne Cambecèdes

Amélioration des connaissances sur la Fétuque de Prudhomme (*Festuca prudhommei*) et la Drave blanchâtre (*Draba incana*) acquises dans le cadre du Plan national d'actions en faveur des plantes menacées des estives pyrénéennes [a]

Mejora de los conocimientos sobre la Festuca de Prudhomme (*Festuca prudhommei*) y la Draba blanquecina (*Draba incana*) adquiridos en el marco del plan nacional de acciones en favor de las plantas amenazadas en los pastos de montaña de los Pirineos

Julie-Anne Burkhart, Thomas Sanz & James Molina

Amélioration de la connaissance des *Hieracium* endémiques des Pyrénées françaises [rc]

Mejora del conocimiento del *Hieracium* endémico de los Pirineos franceses

Marilou Chazarin, Pol Fernández, Luis Palazzesi, Jean-Marc Tison, Oriane Hidalgo & Gilles Corriol.

Tres hipótesis sobre el origen de un nototaxón huérfano en Pirineos (*Arctium*) [rp]

Trois hypothèses sur l'origine d'un nototaxon orphelin dans les Pyrénées (*Arctium*)

Iván Pérez-Lorenzo, Pol Fernández, Luis Palazzesi, Jaume Pellicer, Pere Barnola, Miquel Àngel Marcé, Teresa Garnatje & Oriane Hidalgo

Maianthemum bifolium, fenología y hábitat en su localidad andorrana [rp]

Maianthemum bifolium, phénologie et habitat dans sa localité andorrane

Clara Pladevall, Manel Niell, Anna Albalat & Maria Martin

Réponse du système sol / plantes à un gradient de pâturage dans la réserve naturelle de la vallée d'Eyne [rp]

Respuesta del sistema suelo/planta a un gradiente de pastoreo en la reserva natural del valle de Eyne

Nathalie Fromin, Victor Barral, Josep Parera, Sylvain Coq, Johanne Nahmani-Winter., Jim Felix-Faure, Alain Brauman, Christophe Hurson & Sandra Mendez

RESEDA-Flore, réseau d'acteurs pour la conservation de la flore méditerranéenne [rp]

RESEDA-Flore, una red de actores para la conservación de la flora mediterránea

Maëlle Le Berre, Louise Turpin, Olivier Argagnon & Katia Diadema

Experiencias de gestión y conservación de flora amenazada en red Natura 2000 en Navarra [rp]

Expériences de gestion et de conservation de la flore menacée dans le réseau Natura 2000 en Navarre

Vanessa Clavería, Aitziber Zufiaurre, Enara Rabina, Anika Meyer, Mikel Artazcoz, Alaia Sarasa & Marta López

Session Génomique et conservation des espèces végétales pyrénéennes et des Monts cantabriques

Écologie et Génomique de la conservation de trois espèces de plantes menacées des estives pyrénéennes [rc]

Ecología de la conservación y genómica de tres especies vegetales amenazadas en pastos de montaña pirenaicos.

Julien Fraisse, Joris Bertrand, Jordi Salmona, Romain Bertrand, Gabrielle Martin, Nathalie Escaravage & Jérôme Murienne

PHYLOPYR: hacia la secuenciación de las angiospermas del Pirineo y la importancia de los herbarios [a]

PHYLOPYR: Vers le séquençage des Angiospermes des Pyrénées et l'importance des herbiers

Pablo Tejero Ibarra, Esther Güiza Márquez, María Pérez-Serrano, Ana García del Bao, Lisa Pokorny, Juan Viruel, Pilar Catalán, Tamara Villaverde, Anaïs Mitxelena, Borja Jiménez-Alfaro, Aaron Pérez, Estella Illa, Clara Pladevall, Gilles Corriol, Jérôme Murienne, Jorge Calvo, Montserrat Martínez Ortega, José Vicente Ferrández, Manel Niell, Luís Carlón, Neus Nualart, Pol Fernández, Ivan Pérez, Oriane Hidalgo, Jocelyne Cambecèdes, Sara Palacio, Olatz Fernández, Marina Ticó & Mikel Etxeberria Okariz

Genetic bases of the flower color variation in a natural hybrid zone [rc]

Bases génétiques de la variation de couleur dans une zone d'hybridation naturelle

Pascaline Salvado

Session Stratégies et outils pour l'étude des communautés végétales des Pyrénées et des Monts cantabriques

Différences d'interprétation de l'annexe 1 de la directive habitats faune flore : comparaison des choix français et espagnols sur les végétations dans les Pyrénées et implications stratégiques [a]

Diferencias de interpretación del anexo 1 de la directiva sobre hábitats, fauna y flora: comparación de las opciones francesa y

española para la vegetación de los Pirineos - implicaciones estratégicas

François Prud'homme & Lucile Nivelet-Etcheberry

Le Catalogue de la végétation de France métropolitaine. Un focus sur les Pyrénées [rc]

Catálogo de la vegetación de Francia continental. Los Pirineos

Olivier Argagnon, Aurélien Belaud, Emmanuel Catteau, Gaël Causse, Gilles Corriol, Aurélien Culat, Loïc Delassus, Jérémy Dumoulin, Vincent Gaudillat, Marie Goret, Marc Mangeat, Jérôme Millet, Virgile Noble, David Paulin, Charles-Antoine Soucanye de Landevoisin & Pierre Lafon

Anacamptis coriophora subsp. *martrinii* (Timb.-Lagr.) Jacquet & Scappat. Inventaires et suivis réalisés dans le cadre d'un plan de gestion de mesures de compensation [rc]

Anacamptis coriophora subsp. *martrinii* (Timb.-Lagr.) Jacquet & Scappat: Inventarios y seguimientos realizados en el marco de un plan de gestión de medidas de compensación (Llo, 66)

Hélène Chevallier, Jacques Thomas, Florent Lecat & Damien Lagarde

Optimisation de la classification syntaxonomique de la végétation pyrénéenne grâce aux outils d'Intelligence Artificielle

Optimización de la clasificación sintaxonómica de la vegetación pirenaica mediante herramientas de Inteligencia Artificial

[rc]

Gwendolyn Peyre, Raul Pérez & Xavier Font

Observatoire pyrénéen des tourbières sentinelles : De nouveaux indicateurs régionaux pour un suivi transfrontalier de la résilience des tourbières de montagne [rp]

Observatorio Pirenaico de Turberas Centinela : Nuevos indicadores regionales para el seguimiento transfronterizo de la resiliencia de las turberas de montaña

Thirsa Van der Veen, Laurent Servièrre, Cécile Brousseau, Laure Gandois, Béatrice Lauga, Gaël Le Roux, Vincent Jassey, Stéphane Binet, David Elustondo, Esther Lasheras, Aaron Pérez-Haase, Benjamin Komac & Clara Pladevall

Session Comment les changements globaux affectent-t-il la flore pyrénéenne et des monts Cantabriques

Prediction de l'évolution de la répartition des habitats de la flore pyrénéenne sous différents scénarios climatiques d'ici 2100 [rc]

Predicción de la evolución de la distribución de los hábitats de la flora pirenaica bajo diferentes escenarios climáticos hasta 2100

Noémie Collette, Valérie Delorme-Hinoux & Joris Bertrand
Modèles de distribution d'espèces : enjeux, défis et perspectives pour une conservation éclairée [a]

Modelos de distribución de especies: problemas, retos y perspectivas para una conservación informada

Noémie Collette, Julien Fraisse, Romain Bertrand, Sébastien Pinel, Valérie Delorme-Hinoux, Jérôme Murienne & Joris A. M. Bertrand

Reducción progresiva del área de distribución de las especies de nevero en los Pirineos

Réduction progressive de l'aire de distribution des espèces des combes à neige dans les Pyrénées [rc]

Estela Illa Bachs, Oriol Lluch Oms & Empar Carrillo Ortuño

Étude de la colonisation des végétations des marges proglaciaires des Pyrénées dans un contexte de changement climatique [rp]

Estudio de la colonización de la vegetación de los márgenes proglaciares de los Pirineos en un contexto de cambio climático

Ludovic Olicard, Nadine Sauter, Fabien Anthelme, Pierre René, Estela Illa Bachs & Pablo Terejo

Estudio del cambio en la vegetación en pueblos con diferente trayectoria en su censo poblacional en dos zonas de montaña del Pirineo en el marco del proyecto renurse [a]

Étude du changement de la végétation dans des villages ayant des trajectoires de recensement de population différentes dans deux zones de montagne des Pyrénées dans le cadre du projet RENURSE

Pablo Tejero, Alba López, David Cenalmor, Andrea Rubio, Hugo Saez, María Felipe, Miguel Sevilla, Raquel Charte, David Moret, Alvaro Berzosa, Juan José Jiménez & Sara Palacio

Session Évaluation des espèces allochtones et de la santé des écosystèmes des Pyrénées et des monts Cantabriques

Plantes exotiques envahissantes dans les Pyrénées françaises : outils disponibles et premières évaluations [a]

Plantas exóticas invasoras en los Pirineos franceses: herramientas disponibles y primeras evaluaciones

Jérôme Dao & Louise Turpin

Hacia la catalogación de las plantas alóctonas de los Pirineos: estudio preliminar de los patrones de distribución geográfica y temporal [a]

Vers le catalogue des plantes exotiques des Pyrénées : étude préliminaire des schémas de distribution géographique et temporelle

Javier Martínez-Fuentes, Eduard López-Guillén, Neus Nualart & Jordi López-Pujol

Primeras aportaciones en Sanidad Forestal de Andorra [rc]

Premières contributions sur la santé des forêts en Andorre

Marta Domènech, Manel Niell & Clara Pladevall

Session Enjeux de biodiversité et activités de pleine nature dans les Pyrénées et des Monts cantabriques

Les cueillettes commerciales : gérer la ressource en plantes sauvages ? L'exemple de la Gentiane jaune (*Gentiana lutea* L.) dans les Pyrénées [a]

Recolección comercial: ¿gestión de los recursos vegetales silvestres? El ejemplo de la genciana amarilla (*Gentiana lutea* L.) en los Pirineos

Raphaëlle Garreta & Maïlys Rumeau

Les cueillettes commerciales : comment estimer la ressource et les impacts potentiels pour les populations de plantes sauvages ? [rp]

Recolección comercial: ¿cómo estimar el recurso y el impacto potencial en las poblaciones de plantas silvestres?

Maïlys Rumeau

Etnomicología en Andorra [rc]

Ethnomycologie en Andorre

Canòlich Álvarez, Teresa Garnatje, Airy Gras, Ot Guillamet, Meritxell Moya, Manel Niell, Joan Vallès & Vicente Zapata

Vers une compréhension réciproque des enjeux pour concilier préservation de la flore et sports de nature en milieux rocheux [a]

Hacia una comprensión mutua de los problemas que plantea la conciliación de la preservación de la flora y de los deportes de naturaleza en medios rocosos

Nadine Sauter & Christelle Pineau

**Session Outils pour l'observation et la validation des
données floristiques**

La flore pyrénéenne sous l'œil du drone [rc]

La flora pirenaica bajo el ojo del dron

Anouar Hamdi

iNaturalist: una herramienta de ciencia ciudadana para mejorar el conocimiento de la flora pirenaica [rc]

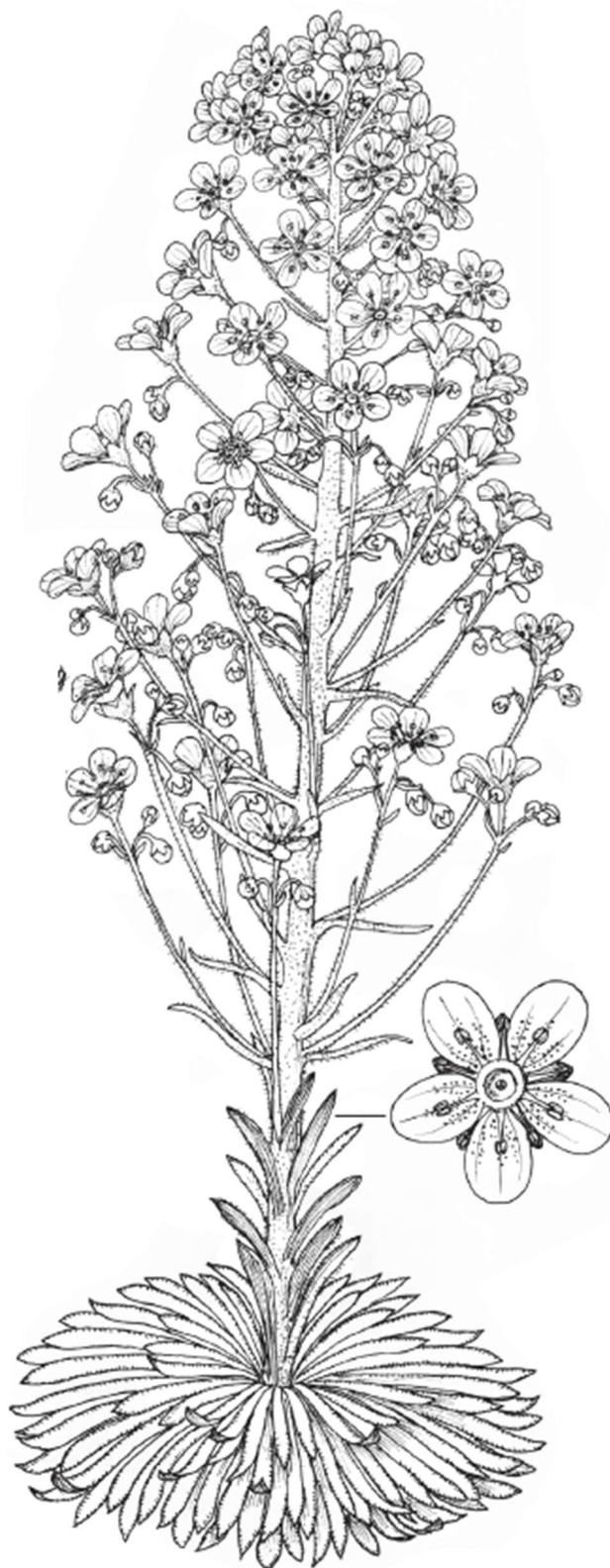
iNaturalist : un outil de science citoyenne pour améliorer la connaissance de la flore pyrénéenne

Eduard López-Guillén, Iván Pérez-Lorenzo, Jordi. López-Pujol, Oriane Hidalgo, Sònia. Garcia. & Neus Nualart

Mise à jour chorologique et considérations taxonomiques autour de l'espèce protégée *Botrychium simplex* E.Hitchc. dans les Pyrénées-Orientales. Le botryche simple... Ça se complique ! [rc]

Actualización corológica y consideraciones taxonómicas sobre la especie protegida *Botrychium simplex* E.Hitchc. en los Pirineos Orientales. *Botrychium simplex*... ¡se complica!

Jean-Marc Lewin, Claude Guisset & Antoine Sénac avec la collaboration de Sandra Mendez, Josep Parera, Sylvain Danielo, Adrien Charpin, P. Gaultier & Maria Martin



OUVERTURE DU XIII^E COLLOQUE INTERNATIONAL DE BOTANIQUE PYRÉNÉO-CANTABRIQUE

Karine FAURE

Conservatoire botanique national méditerranéen, Antenne Occitanie Languedoc-Roussillon, 1000 avenue Agropolis, F-34090 Montpellier, k.faure@cbnmed.fr

Bonjour à tous,

Monsieur le Conseiller régional, chers collègues et amis botanistes,

J'ai l'honneur et le plaisir de vous souhaiter la bienvenue pour ce XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique que nous organisons ici à Targassonne, dans les Pyrénées-Orientales, au sein du site de Thémis Solaire Innovation. Cet événement, qui se déroule sur 4 jours, s'inscrit dans une série de colloques scientifiques initiée il y a presque 40 ans, où les acteurs de la biodiversité (chercheurs, gestionnaires et passionnés de nature) se rassemblent pour échanger leurs savoirs, partager leurs découvertes et approfondir notre compréhension collective de la flore et des écosystèmes pyrénéens et cantabriques.

Ce colloque se tient dans un lieu emblématique dédié à la recherche, à l'innovation et à la sensibilisation dans le domaine des énergies renouvelables. Accueillir notre colloque dans ce lieu unique, qui allie science, environnement et innovation, reflète parfaitement notre engagement collectif dans la recherche de solutions pour concilier les activités humaines avec la préservation des milieux naturels.

La journée d'hier a été consacrée à des ateliers techniques visant le développement d'outils de sensibilisation et de communication sur la flore et les végétations du massif pyrénéen et des Monts cantabriques. Ces ateliers ont été l'occasion de partager une réflexion commune sur les grands enjeux de la conservation de la biodiversité végétale et de définir des axes de travail pour répondre aux attentes des gestionnaires et des acteurs de la biodiversité, pour mutualiser nos moyens et apporter de la cohérence entre nos différents programmes et outils de communication, de sensibilisation et d'éducation. Nous remercions les animateurs et organisateurs de ces ateliers qui ont su créer un temps d'échange à la fois convivial et riche en production : Maria Martin, Jessica Lucas, Jocelyne Cambecès, Guilhem de Barros, Lise Cantu, Sébastien Chauvin et Philippe Serre.

Pour aujourd'hui, dans un premier temps nous assisterons avec grand plaisir à une conférence d'ouverture tenue par Gérard Largier et James Molina. Ils reviendront sur l'héritage et les apports des précédents colloques pyrénéo-cantabriques en matière de connaissance de la flore. Cette perspective historique nous permettra de mesurer l'évolution des savoirs botaniques, tout en traçant des pistes pour les travaux futurs.

La première session de ce colloque, sous la direction de Maria Martin, portera sur les avancées récentes dans la connaissance et la conservation de la flore pyrénéenne. En seconde partie de la matinée, la session présidée par Cristina Roquet portera sur les approches génomiques appliquées à la conservation des espèces montagnardes.

Cet après-midi, une session dédiée aux stratégies et aux outils pour l'étude des communautés végétales sera animée par Xavier Font et sera suivie par une présentation rapide

des posters que vous pouvez d'ores et déjà voir dans la pièce juste derrière. Cette session sera animée par Jocelyne Cambecès. Enfin, si le temps le permet, nous enchaînerons avec la visite de la centrale solaire pour ceux qui se sont inscrits, et par le buffet des terroirs qui se tiendra dans le hall d'entrée comme pour le buffet de midi.

Demain, nous aborderons les enjeux climatiques et leurs impacts sur les écosystèmes pyrénéens. Une première session, présidée par Thierry Gauquelin, traitera de la manière dont les changements globaux modifient la répartition des espèces végétales et affectent les habitats montagnards. La deuxième session sera consacrée à l'étude des plantes exotiques envahissantes et à la santé des écosystèmes et sera animée par Neus Nualart. En fin de matinée, Vanessa Claveria animera une session sur les enjeux de biodiversité et les activités de pleine nature.

En début d'après-midi, nous vous proposons une session où vous aurez l'occasion de rencontrer les auteurs des différents posters pour échanger sur leurs travaux. Enfin, le colloque se terminera par une présentation des outils d'observation et de validation des données floristiques, comme l'utilisation des drones pour le suivi des habitats ou l'outil de science citoyenne iNaturalist.

Cette partie du programme a dû être modifiée suite à un désistement, mais nous avons eu la chance de pouvoir intégrer une communication sur la chorologie de *Botrychium simplex*.

Enfin, jeudi, nous clôturerons notre colloque par deux excursions sur le terrain si la météo le permet.

La première se déroulera dans la Réserve naturelle de la vallée d'Eyne animée par Josep Parera (conservateur de la réserve). La seconde excursion nous conduira vers le lac de Bouillouses, et sera animé par Frédéric Andrieu du CBNMed et Antoine Frances du Conseil départemental des Pyrénées-Orientales.

Pour terminer, nous tenons à remercier tous les partenaires qui ont rendu possible ce XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique : les partenaires financiers, les membres du comité d'organisation et du comité scientifique, les animateurs des sessions ainsi que les partenaires du programme Florapyr 3D dans lequel s'inscrit ce colloque et tout particulièrement l'équipe du CBNMed qui s'est mobilisée pour organiser cet événement. Ce colloque est une opportunité pour renforcer notre réseau scientifique et approfondir nos connaissances sur la flore et les écosystèmes de montagne.

Nous vous souhaitons à tous un excellent colloque, riche en découvertes et en collaborations fructueuses.

LA CONNAISSANCE DE LA FLORE PYRÉNÉENNE.
APPORTS DES COLLOQUES DE BOTANIQUE PYRÉNÉO-CANTABRIQUE ET PERSPECTIVES

Gérard LARGIER¹ & James MOLINA²

¹ Ancien directeur du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées, gerard.largier@icloud.com

² Ancien responsable de l'Antenne Occitanie Languedoc-Roussillon du Conservatoire botanique national méditerranéen, j.molina@amisducnbmed.fr
[postprint : article accepté et révisé, épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

Le.

Mots clefs :

Resumen: El conocimiento de la flora pirenaica. Aportaciones de los coloquios de botánica pireneo-cantabrica y perspectivas

El.

Palabras clave:

Abstract: Knowledge of the flora of Pyrenees. Contributions from pyrenean-cantabrian botany congress and future prospects

The.

Keywords:

Saxifraga longifolia Lapeyr.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

SECTORIZACIÓN FITOGEGRÁFICA DEL NE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN BASE A LA FLORA DE CUADRADOS UTM

Xavier FONT^{1,2*}, Daniel GÓMEZ³, Mikel LORDA⁴, María Begoña GARCIA⁵, Carles BURGUERA^{1,6}, Berta MORA¹,
Manuel PIZARRO⁵, Carlos DÍAZ-GIL⁵ & Ignasi SORIANO^{1,2}

¹Dpt. de Biol. Evolutiva, Ecol. i Ciències Ambientals, Sec. Botànica i Micologia, Univ. de Barcelona, Diagonal 643, E-08028 Barcelona

²IRBio, Institut de Recerca de la Biodiversitat, Universitat de Barcelona, Diagonal, 643, E-08028 Barcelona

³Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Avda. de Nuestra Señora de la Victoria s/n, E-22700 Jaca.,

⁴C.I. Agroforestal, Avda. Villava 55, E-31015 Pamplona-Iruña,

⁵Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), Avda. Montañana 1005, E-50192 Zaragoza,

⁶Jardí Botànic Marimurtra, Fundació Carl Faust, Passeig de Carles Faust, 9, E-17300 Blanes

*Autor de correspondència: xfont@ub.edu

Nuestro trabajo plantea delimitar áreas fitogeográficas de composición florística homogénea, en base a la distribución de las plantas vasculares autóctonas, para el ámbito de las comunidades autónomas de Aragón, Cataluña y Navarra. La distribución por cuadrados UTM de 10X10 km de las plantas de un territorio extenso y bien estudiado debería ser suficiente, por sí misma, para proporcionar resultados válidos y a la vez coherentes con los obtenidos con otros enfoques metodológicos.

Durante varios años se han recopilado e informatizado datos corológicos del área indicada, procedentes principalmente de herbarios y bibliografía especializada; se les han aplicado filtros de validación y se ha normalizado la nomenclatura siguiendo la Lista Patrón del MITECO¹. La base de datos resultante contiene más de tres millones de registros referentes a las 767 cuadrículas UTM de 10x10 km del área de estudio.

A partir de una matriz de presencias/ausencias de las especies autóctonas en dichos cuadrados UTM, hemos ensayado particiones sucesivas del territorio aplicando el algoritmo *k-means* (MacQueen, 1967), para obtener desde dos hasta veinte divisiones o territorios fitogeográficos. Dicho método tiene algunas limitaciones: utiliza solo la composición florística cualitativa de cada cuadrado, sin considerar abundancias o frecuencias de los taxones; además, el tamaño de malla (100 km²) no permite delimitar con precisión los sectores en las áreas pirenaicas más montañosas. Por otra parte, para detectar las plantas más representativas de cada territorio, hemos calculado las fidelidades respectivas de las especies mediante el índice de Φ (phy-fidelity), uno de los menos sensibles a las desigualdades en el muestreo. Todos los cálculos han sido realizados mediante el módulo Ginkgo del paquete B-VegAna².

Un ejercicio interesante en el proceso de generación progresiva de particiones consiste en analizar la secuencia en que aparecen los territorios fitogeográficos y como se subdividen al aumentar el número de grupos definidos por *k-means*. En nuestro caso, la primera partición separa netamente las áreas con predominio de especies mediterráneas de otras con una flora eurosiberiana y alpina. Analizamos asimismo los territorios generados por algunas de las particiones más significativas, hasta 20 grupos. En último lugar, comparamos nuestros resultados con las propuestas de territorios biogeográficos de Rivas-Martínez & al. (2002) y las áreas fitogeográficas de Bolòs (1985).

¹ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/bdn_listas_patron.html

² <http://biodiver.bio.ub.es/vegana/>

Sectorisation phytogéographique du NE de la péninsule ibérique basée sur la flore des carrés UTM.

Notre travail propose de délimiter des zones phytogéographiques de composition floristique homogène, basées sur la distribution des plantes vasculaires autochtones, pour les communautés autonomes d'Aragon, de Catalogne et de Navarre. La distribution par carrés UTM de 10X10 km des plantes d'un territoire étendu et bien étudié devrait suffire, à elle seule, à fournir des résultats valables et en même temps cohérents avec ceux obtenus par d'autres approches méthodologiques.

Pendant plusieurs années, les données chorologiques de la région en question, provenant principalement d'herbiers et de bibliographies spécialisées, ont été collectées et informatisées ; des filtres de validation ont été appliqués et la nomenclature a été normalisée en suivant la liste de référence MITECO¹. La base de données qui en résulte contient plus de trois millions d'enregistrements pour les 767 mailles UTM 10x10 km de la zone d'étude.

A partir d'une matrice de présence/absence d'espèces indigènes dans ces carrés UTM, nous avons testé des partitions successives du territoire en appliquant l'algorithme *k-means* (MacQueen 1967), pour obtenir de deux à vingt divisions phytogéographiques ou territoires. Cette méthode présente certaines limites : elle n'utilise que la composition floristique qualitative de chaque carré, sans tenir compte des abundances ou des fréquences des taxons ; en outre, la taille de la maille (100 km²) ne permet pas de délimiter précisément les secteurs dans les zones pyrénéennes les plus montagneuses. D'autre part, afin de détecter les plantes les plus représentatives de chaque territoire, nous avons calculé les fidélités respectives des espèces en utilisant l'indice Φ (phy-fidelity), l'un des moins sensibles aux inégalités d'échantillonnage. Tous les calculs ont été effectués à l'aide du module Ginkgo du package B-VegAna².

Un exercice intéressant dans le processus de génération progressive des partitions est d'analyser la séquence dans laquelle les territoires phytogéographiques apparaissent et comment ils se subdivisent au fur et à mesure que le nombre de groupes définis par les *k-means* augmente. Dans notre cas, la première partition sépare clairement les zones à prédominance d'espèces méditerranéennes des zones à flore euro-sibérienne et alpine. Nous avons également analysé les territoires générés par certaines des partitions les plus significatives, jusqu'à 20 groupes. Enfin, nous comparons nos résultats avec les territoires biogéographiques proposés par Rivas-Martínez & al. (2002) et les zones phytogéographiques de Bolòs (1985).

Bibliografía

BOLÒS O. 1985. Le territoire submediterranéen et le territoire carpatano-atlantique dans la Péninsule Ibérique. *Botanica Helvetica*, **95** (1): 13-17.

MACQUEEN J.B. 1967. *Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations*. In: *Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics*. University of California Press, Berkeley, 281-297.

RIVAS MARTÍNEZ, S., DÍAZ T.E., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ F., IZCO J., LOIDI J., LOUSA M. & PENAS A. 2002. Vascular Plant Communities of Spain and Portugal. *Itinera Geobotanica*, **15**(1-2): 433-922.

LE PLAN NATIONAL D' ACTIONS EN FAVEUR DES PLANTES MENACÉES DES ESTIVES PYRÉNÉENNES

Thomas SANZ¹, Maëlle LE BERRE² & Jocelyne CAMBECÈDES^{1*}¹Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex²Conservatoire botanique national du méditerranéen, 34 avenue, Gambetta, F-83400 Hyères*auteure correspondante : jocelyne.cambecedes@cbnmpm.fr

Le Plan national d'actions (PNA) en faveur de plantes menacées des estives pyrénéennes s'inscrit dans la continuité du PNA en faveur de l'Aster des Pyrénées, mené entre 2012 et 2020 par le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP). L'élaboration de ce nouveau PNA (Sanz *et al.*, 2024) a été coordonnée par la Direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement (DREAL) Occitanie et la rédaction a été réalisée par le CBNPMP en partenariat avec le Conservatoire botanique national méditerranéen (CBNMed). Le PNA cible des espèces menacées occupant une certaine diversité de milieux ouverts d'altitude pyrénéens, pour lesquelles toutes ou parties de leurs populations ont la particularité de s'inscrire dans ces unités de gestion collective que sont les estives. Il s'agit de 6 espèces prioritaires : *Aster pyrenaeus* Desf. ex DC, *Botrychium simplex* E.Hitchc., *Draba incana* L., *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka, *Geranium endressii* J.Gay et *Vicia argentea* Lapeyr., ainsi que de 4 espèces complémentaires : *Arabis soyeri* Reut. & A.L.P.Huet subsp. *soyeri*, *Callianthemum coriandrifolium* Rchb., *Delphinium montanum* DC. et *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab. Le projet propose un panel de 17 actions répondant à plusieurs objectifs opérationnels organisés en 3 axes fondamentaux : i) améliorer les connaissances tout en mobilisant les acteurs du pastoralisme ; ii) améliorer l'état de conservation des populations dans les estives à enjeux ; et iii) contribuer au développement des collaborations transfrontalières.

Plan de acción nacional para las plantas amenazadas de los pastos de montaña de los Pirineos

El Plan de Acciones Nacional (PAN) para las plantas amenazadas de los pastos de montaña pirenaicos es la continuación del PAN para el Aster pirenaico, realizado entre 2012 y 2020 por el Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP). La elaboración de este nuevo PAN (Sanz & *al.*, 2024) fue coordinada por la Dirección regional de l'environnement de l'aménagement et du logement d'Occitanie (DREAL) y redactada por el CBNPMP en colaboración con el Conservatoire botanique national méditerranéen (CBNMed). El PAN se dirige a las especies amenazadas que ocupan una cierta diversidad de medios abiertos de altitud en los Pirineos, para las que todas o parte de sus poblaciones tienen la particularidad de formar parte de las unidades colectivas de gestión como los pastos de montaña. Se trata de 6 especies prioritarias: *Aster pyrenaeus* Desf. ex DC, *Botrychium simplex* E.Hitchc., *Draba incana* L., *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka, *Geranium endressii* J.Gay y *Vicia argentea* Lapeyr. y 4 especies adicionales: *Arabis soyeri* Reut. & A.L.P. Huet subsp. *soyeri*, *Callianthemum coriandrifolium* Rchb., *Delphinium montanum* DC. y *Phyllodoce caerulea* (L.) Bab. El proyecto propone una serie de 17 acciones que responden a una serie de objetivos operativos organizados en 3 ámbitos fundamentales: i) mejorar los conocimientos y movilizar al mismo tiempo a los agentes del pastoralismo; ii) mejorar el estado de conservación de las poblaciones de los principales pastos de montaña; y iii) contribuir al desarrollo de la colaboración transfronteriza.

*Geranium endressii* J. Gay

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES SUR LA FÊTUQUE DE PRUDHOMME (*FESTUCA PRUDHOMMEI* KERGUÉLEN & PLONKA - POACEAE) ET LA DRAVE BLANCHÂTRE (*DRABA INCANA* L. - BRASSICACEAE) ACQUISES DANS LE CADRE DU PLAN NATIONAL D' ACTIONS EN FAVEUR DES PLANTES MENACÉES DES ESTIVES PYRÉNÉENNES

Julie-Anne BURKHART^{1*}, Thomas SANZ² & James MOLINA³

¹ Conservatoire botanique national méditerranéen, Antenne Occitanie Languedoc-Roussillon, 1000 avenue Agropolis, F-34090 Montpellier

² Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

³ Association des amis du Conservatoire botanique national méditerranéen, 34 avenue, Gambetta, F-83400 Hyères

*auteure correspondante : j.burkhart@cbnmed.fr

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

Le plan national d'actions (PNA) en faveur de plantes menacées des estives pyrénéennes a motivé une campagne de bilans stationnels à l'échelle des Pyrénées françaises sur les espèces cibles. Un bilan des connaissances a été dressé pour deux espèces prioritaires, *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka, et *Draba incana* L. Il présente leur écologie, les localités et habitats occupés dans les Pyrénées, les effectifs, les facteurs d'influence observés et les perspectives d'actions de conservation.

Mots clefs : pelouses subalpines, bas-marais, endémique Pyrénées, bilans stationnels, pastoralisme, *Festuca prudhommei*, *Draba incana*.

Resumen: Mejora de los conocimientos sobre la *Festuca de Prudhomme* (*Festuca prudhommei*) y la *Draba blanquecina* (*Draba incana*) adquiridos en el marco del plan nacional de acciones en favor de las plantas amenazadas en los pastos de montaña de los Pirineos

El Plan de Acción Nacional (PAN) para plantas amenazadas en los estivos pirenaicos ha dado lugar a una campaña de evaluación de estaciones en los Pirineos franceses sobre especies objetivo. Se realizó una evaluación de conocimientos para dos especies prioritarias: *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka y *Draba incana* L. El estudio presenta su ecología, las localidades y hábitats ocupados en los Pirineos, las poblaciones, los factores de influencia observados y las perspectivas de acciones de conservación.

Palabras clave: praderas subalpinas, turberas bajas, endémico Pirineos, balances estacionales, pastoreo, *Festuca prudhommei*, *Draba incana*.

Abstract: Improving knowledge of Prudhomme's *Festuca* (*Festuca prudhommei*) and White *Draba* (*Draba incana*) acquired as part of the national action plan for threatened plants in the pyrenean mountain pastures

The National Action Plan (NAP) for threatened plants in the Pyrenean summer pastures has led to a campaign of stationary assessments across the French Pyrenees on target species. A knowledge assessment was carried out for two priority species, *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka, and *Draba incana* L. It presents their ecology, the localities and habitats occupied in the Pyrenees, the numbers, the influencing factors observed and the prospects for conservation actions.

Keywords: subalpine grasslands, acid fens, endemic Pyrenees, site assessments, pastoralism, *Festuca prudhommei*, *Draba incana*.

Introduction

Les Pyrénées sont un lieu de pratique importante et historique du pastoralisme transhumant. Celui-ci constitue un facteur d'influence significatif sur les espèces des estives pyrénéennes et milieux associés. L'élaboration d'un plan national d'actions (PNA) en faveur des espèces menacées des estives pyrénéennes porté par le Conservatoire botanique national Pyrénées Midi-Pyrénées (CBNPMP) en collaboration avec le Conservatoire botanique national méditerranéen (CBNMed) a permis de cibler dix espèces présentant des enjeux forts selon leur statut de menace sur

les listes rouges nationale et régionales, leur responsabilité nationale (IRCN³), leurs habitats, et l'influence des pratiques agropastorales (Sanz & al., 2023). Parmi ces espèces, *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka (Poaceae), espèce endémique est-pyrénéenne, et *Draba incana* L. (Brassicaceae), espèce arctico-alpine, sont considérées comme prioritaires dans la mise en œuvre du PNA. Elles ont fait l'objet de bilans stationnels et de prospections entre 2021 et 2024 (Burkhart & Sanz, 2023 ; Le Berre & al., 2022 ; Sanz, 2023).

Méthode

Le bilan stationnel d'un taxon sur un territoire donné est une méthode d'inventaires spécifiques de terrain pour toutes les stations avérées et historiques connues, ou pour un nombre représentatif de stations, complétés par un recueil d'informations sur l'état de ces stations (RESEDA-Flore, 2019). Les prospections complémentaires visent à inventorier les secteurs susceptibles d'abriter l'espèce étudiée, en se focalisant sur les milieux potentiellement favorables à sa présence. Lorsqu'une nouvelle station est découverte, la méthode du bilan stationnel est appliquée.

Au sein de chaque station, la ou les aires de présence (AP), qui correspondent au contour exact des populations ou des sous-populations, sont cartographiées à partir d'un pointage régulier des individus à l'aide d'un GPS (précision 3 à 5 m), sur le terrain ou *a posteriori* à l'aide d'un logiciel SIG. Celles-ci sont incluses dans une zone de présence favorable (ZPF), ou dans une zone de prospection (ZP) si cette dernière est inférieure à la ZPF, également cartographiées (figure 1). En milieu montagnard, ce sont souvent les ZP qui sont prises en compte, les ZPF étant généralement très étendues ou difficiles à cartographier compte-tenu des mosaïques d'habitats.

Les règles de distance pour délimiter les aires de présence ou les stations entre elles peuvent varier d'une espèce à l'autre. Dans le cas de *Draba incana*, deux aires de présence sont considérées comme distinctes à partir du moment où il y a une distance de 150 m ou plus entre deux points précis. Dans le cas de *Festuca prudhommei*, cette distance est de 100 m. Deux stations sont considérées comme distinctes à partir du moment où il y a une distance de 500 m ou plus entre deux aires de présence.

Les informations quantitatives et qualitatives du bilan stationnel sont à relever pour chaque aire de présence :

- les caractéristiques écologiques et phytocœnotiques, analysées au regard de la géologie, la lithologie, la pente, l'exposition, les caractéristiques pédologiques (substrat)

³ Indice multicritère à valeur de Responsabilité Conservatoire Nationale (Gourvil & Girard, 2020).

ainsi que de la ou des communauté(s) végétale(s) dans lesquelles s'intègre l'espèce et qui peuvent ainsi faire l'objet d'un ou plusieurs relevé(s) phytosociologique(s) suivant la méthode Braun-Blanquet (1932) ;

- la quantification de la population de l'AP et sa phénologie, déterminées par le dénombrement des individus (classe ou nombre exact) lorsque la biologie de l'espèce permet de les discerner, ou bien par la surface d'occupation du sol (classe ou nombre exact). Pour *Draba incana*, c'est le nombre de tiges florifères et le nombre de rosettes qui ont été estimés et pour *Festuca prudhommei* le nombre de touffes ;
- les menaces (avérées et potentielles) ou les dégradations constatées ;
- les statuts de conservation et l'estive dans laquelle elle s'intègre.

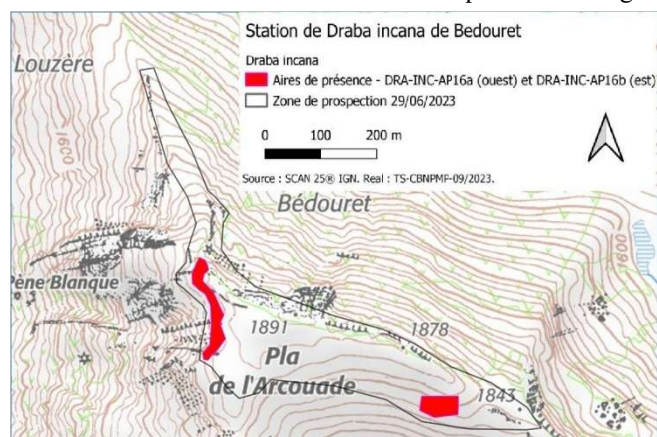


Figure 1 : Représentation cartographique d'une station de *Draba incana* illustrant la délimitation des aires de présence (AP) et de la zone de prospection (ZP) selon la méthode du bilan stationnel.

Les prospections ont été menées aux étés 2021 à 2024 pour *Festuca prudhommei* et aux étés 2022 à 2024 pour *Draba incana*, pour cette dernière en partenariat avec le Parc National des Pyrénées. Les données ont été saisies dans les bases de données du CBNMed et du CBNPMP puis reversées au Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) de la région Occitanie.

Amélioration des connaissances sur *Festuca prudhommei*

En 2020, l'état des lieux des connaissances sur *Festuca prudhommei* a permis de se rendre compte d'une méconnaissance de l'espèce liée à la difficulté de détermination du taxon, à sa description récente, en 1993 par Kerguelen et Plonka sur une récolte de J. Prudhomme de 1966, et à sa discrétion la rendant facilement inaperçue (Kerguelen & al., 1993). C'est ce qui lui a valu le critère de vulnérable sur la liste rouge nationale française (UICN France & al., 2018) et un indice de responsabilité national majeur (Gourvil & Girard, 2020) lié à son endémisme est-pyrénéen français. Elle est également notée comme quasi-menacée sur la Liste rouge de la flore vasculaire des Pyrénées (CBNPMP & al., 2019).

Description

Festuca prudhommei Kerguelen et Plonka est une petite *Poaceae* de 5-15 cm qui se développe en touffes glauques serrées. Ses feuilles sont filiformes et toujours pliées. Elles présentent un limbe lisse, souple, non piquant et à base rougeâtre (espèces de la section *Aulaxyper*).



Figure 2 : Photographies des caractéristiques morphologiques de *Festuca prudhommei* et de son milieu. [A] Estany de Roset, Angoustrine-Villeneuve-des-Escaldes (66) ; [B, D & F] Cambre d'Ase, Planès (66) ; [C] Estans de Camporells, Formiguères (66) ; [E] la Peira Escrita, Formiguères (66).

En coupe transversale, trois îlots de sclérenchyme (un dorsal et deux marginaux) sont visibles (figure 2). A la période de floraison, en juillet-août, *F. prudhommei* développe une panicule unilatérale très courte de 1-2 cm de long, d'un violet généralement sombre (Plonka & al., 1996 ; Portal, 1999 ; Tison & al., 2014).

Elle peut être confondue avec plusieurs espèces du genre *Festuca* L. qui côtoient ponctuellement les mêmes milieux (Plonka & al., 1996 ; Tison & Foucault, 2014), notamment avec *Festuca ovina* subsp. *molineri* (Litard.) O.Bolòs & Vigo et avec *Festuca glacialis* Miègev. *Festuca ovina* subsp. *molineri* se développe généralement en milieux plus secs et se différencie par ses feuilles plus vertes, piquantes au toucher, scabres et à base blanchâtre (section *ovina*), présentant un sclérenchyme continu en coupe transversale. *Festuca glacialis* Miègev. se développe généralement en milieux calcaires et se différencie par ses feuilles davantage glauques et légèrement papilleuses sur les marges, ainsi qu'une coupe de la feuille présentant plus de trois îlots de sclérenchyme. Enfin, au stade végétatif, elle peut être confondue avec des *Agrostis* L. qui présentent cet aspect glauque, mais qui ont des feuilles à marges papilleuses et dont la souche est blanchâtre.

Ecologie

A sa découverte en 1966, Jean Prudhomme l'a observée dans des pelouses rases et éboulis fixés de pentes et crêtes à une altitude entre 2 400 et 2 500 m (Kerguelen & al., 1993). Les prospections menées dans le cadre du PNA montrent que l'espèce est présente entre 2 150 et 2 750 mètres d'altitude, sur sol acide. Elle est très fréquemment retrouvée dans des pelouses rases hygrophiles de bas-marais acidiphile du *Caricion fuscae* Koch 1926 (Annexe I). Plus rarement, elle se développe dans des replats marécageux du *Carici macrostyli* - *Nardion strictae* B. Foucault 1994 ou dans des pelouses hygroclines des combes à neiges du *Salicion herbaceae* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926, et très ponctuellement dans des combes à neige en cours d'assèchement. L'écologie décrite par Jean Prudhomme pourrait se rapprocher de cette dernière végétation.

Ces végétations sont retrouvées en périphérie des lacs d'altitude, lorsque le milieu n'est pas trop minéral et caillouteux, et que leurs abords présentent un sol permettant le maintien d'une certaine humidité, également le long de ruisselets ou au niveau de cuvettes et fonds de vallons humides et localement au niveau de combes à neige plus ou moins asséchées (Burkhardt & Sanz, 2023 ; Le Berre & al., 2022).

Répartition et démographie

La première observation de l'espèce par Prudhomme en 1966 est située sous le Puig Péric dans le massif du Carlit dans les Pyrénées-Orientales (Kerguelen & al., 1993). En 2020, l'espèce était connue de plusieurs secteurs dans les Pyrénées-Orientales (66) : massif du Carlit (coma d'Or, coma de la Llosa) ainsi que de quelques localités isolées, comme dans la Réserve naturelle nationale de Mantet (figure 3). Au vu de sa rareté initiale et considérant ses enjeux, elle a été intégrée dans la liste des espèces prioritaires du PNA. L'isolement des stations a soulevé la question des lacunes de connaissance sur la répartition de l'espèce, c'est pourquoi des prospections ont été mises en place ciblant les milieux potentiellement favorables à la présence de l'espèce en prenant en compte ses optima écologiques.

Les prospections ont permis de confirmer et préciser l'ampleur des stations connues (Figure 3). Six secteurs étaient concernés, dont cinq dans les Pyrénées-Orientales (coma d'Or, Camporells, Pomerola, coma de la Llosa, Carlit), répartis sur quatre communes, et un en Ariège (Aliot) sur une commune.

Ces prospections ont également permis de la découvrir dans dix autres secteurs dans les Pyrénées-Orientales (Canigou, Carança, Madres, Eyne, Galbe, La Grave, Lanoux, Maura, Pic Nègre, Campcardos), afin de compléter la connaissance de sa répartition.

Elle a notamment été trouvée dans des "extrêmes" altitudinaux et dans des secteurs déjà bien prospectés par les botanistes comme le Canigou, le Madres, le val de Galbe et la vallée d'Eyne.

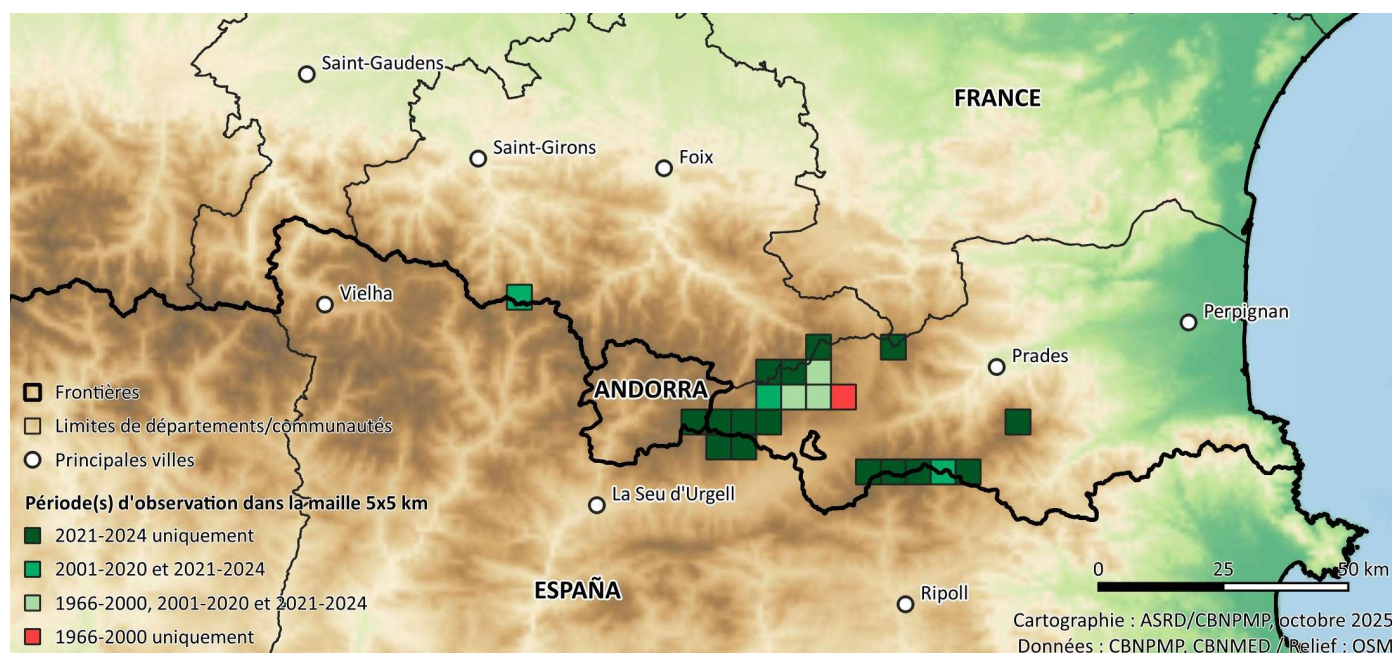


Figure 3 : Répartition de *Festuca prudhommei* dans les Pyrénées.

Département	Commune	Secteur	Station	Surface (en m²)	Estimation du nombre d'individus			
					1 à 100	100 à 1000	1000 à 10000	> 10000
09	Ustou	Aliot	Aliot	100				
66	Angoustrine-Villeneuve-des-Escalades	Carlit	Coma dels Forats	8 020				
			Estany de Sobirans	10				
			Estany sec	3 000				
			Estanys de Trebens et del Castellar	2 620				
		Coma de la Llosa	Coma de la Llosa	102 400				
		La Grave	Bac de la Coma de la Grava	7 500				
			Estany del Raco	1 090				
			l'Estanyol	4 450				
		Lanoux	Estany de Roset	2 060				
	Casteil	Canigou	Plans de Cadi	5 700				
	Dorres & Enveitg	Maurà	Les Toses	4 510				
			Maurà	300				
			Pas de Maurà	1 350				
	Eyne	Eyne	Bassa de l'Aigua	1 850				
			Pla de la Beguda	2 100				
	Fontpèdrouse	Carança	Coma de l'Infern	820				
			Coma Mitjana	15 567				
			Estany Blau	1 480				
			Estany de Carança	130				
			Estany Negre	1 580				
			Morens	4 860				
	Fontrabieuse	Galbe	La Peira Escrita	35				
			Solà de la Portella	90				
	Formiguères	Camporells	Estanys de Camporells	330				
			L'Homme Mort	22 450				
			Ras de la Sal	46 570				
	Mantet & Py	Pomerola	Garravera	2 520				
			Mantet	88 150				
	Porta	Campcardos	Planella de Campcardos	287 900				
		Pic Nègre	Fales Coll dels Isards	1 740				
			Les Passadères	17 570				
			Pleta de Barrera	220				
	Porté-Puymorens	Coma d'Or	Estany de la coma d'Or	9 500				
	Sansa	Madres	Clot Rodon	1 500				

Tableau 1 : Evaluation démographique des stations françaises de *Festuca prudhommei* au sein de chaque secteur.

L'espèce a également été trouvée pour la première fois en Andorre, dans le secteur de l'estany d'Engaït (paroisse d'Encamp) le 31/07/2023 par J. Molina⁴, et pour la première fois en Espagne dans le secteur des Molleres de Puigpedrós et de Fener de l'Os (communes de Meranges & Ger) le 16/07/2024 par J. Molina & J.-A. Burkhart⁵, faisant de cette espèce une endémique est-pyrénéenne répartie dans trois pays (figure 3). Le nombre d'individus estimé est variable, allant d'une dizaine d'individus pour les plus petites stations à plus de 100 000 pour certaines (tableau 1). Trois zones concentrent

une part importante des stations et des individus : le Campcardos, les Camporells et la Carança. L'espèce se raréfie vers l'ouest de la chaîne des Pyrénées, avec une unique station connue en Ariège (Sanz & al., 2024). En revanche, tout laisse à penser que l'espèce est présente dans les secteurs intermédiaires, dès lors que ses conditions écologiques y sont présentes, notamment en Espagne et Andorre. Les estanys au sud de la Tosseta (Espagne) et les estanys d'Engaït (Andorre) seraient des secteurs à prospecter en priorité. Dans les Hautes-Pyrénées (65), l'espèce avait été récoltée en 2012 mais recherchée en 2021 par le CBNPMP sans y avoir été retrouvée. Actuellement, la mention est considérée comme douteuse (Sanz & al., 2024 ; Burkhart & Sanz, 2023 ; Le Berre & al., 2022).

⁴ échantillons JM21847-1/2 in herbier J. Molina, 2/2 in herbier BC.
⁵ échantillons JM22497-1/3 in herbier J. Molina, 2/3 in herbier BC, 3/3 in herbier JACA.

La répartition de *F. prudhommei* semble être étroitement corrélée aux marges glaciaires orientales des Pyrénées selon la carte de la dernière glaciation durant le quaternaire dans les Pyrénées (Calvet, 2004). D'autres espèces présentent une répartition similaire dans les Pyrénées : des orophytes alpino-pyrénéennes telles que *Agrostis schraderiana* Bech., *Antennaria carpatica* subsp. *helvetica* (Chrtek & Pouzar) Chrtek & Pouzar, *Phyteuma globulariifolium* subsp. *pedemontanum* (Rich.Schulz) Bech., ainsi que des endémiques est-pyrénéennes : *Androsace halleri* subsp. *nuria* Schönsw., *Armeria muelleri* A.L.P.Huet, *Cerastium pyrenaicum* J.Gay, *Draba subnivalis* Braun-Blanq., *Festuca yvesii* Sennen & Pau, *Pilosella breviscapa* (DC.) Soják.Gaussen (1933) évoquait déjà ce "phénomène" en explicitant la disparition de certaines plantes dans les parties centrales et occidentales des Pyrénées, par manque de refuges pour ces espèces lors de l'extension des glaciers, tandis que la partie orientale présentait des conditions glaciaires plus douces, influencées par le climat plus tempéré dans l'actuelle plaine méditerranéenne, permettant à ces plantes de se conserver. Ainsi, des études de phylogéographie seraient intéressantes à mener pour mieux comprendre la mise en place des flores en relation avec les glaciations dans les Pyrénées.

Facteurs d'influence et menaces

Les populations sont soumises à des facteurs d'influence et notamment au pastoralisme. En effet, la sécheresse estivale accrue des dernières années entraîne un regroupement des troupeaux bovins et équins dans les zones humides pour se tenir "au frais", entraînant localement du surpiétinement ou du surpâturage dans des zones où *F. prudhommei* est présente. Les équins semblent avoir davantage d'impact que les bovins car ils en font parfois leur zone de grattage, jusqu'à en détruire complètement le milieu (Le Berre & al., 2022).

Amélioration des connaissances sur *Draba incana*

Description

Le genre *Draba* L. (*Brassicaceae*) comprend une douzaine d'espèces en France, la plupart étant des orophytes à port en coussin, ce qui n'est pas le cas de *Draba incana* L. 1753. Elle se développe en rosette et produit des tiges dressées de 35 cm au plus, portant de nombreuses feuilles dentées (figure 4). Une forme rampante a été signalée en Islande, liée à des zones semblant fortement pâturées par les oiseaux d'eau, mais qui semble aussi avoir un déterminisme génétique (variété ?) puisque ce trait s'est maintenu en culture (Ingimundardóttir & al., 2011). La Drave blanchâtre produit de petites fleurs blanches à quatre pétales entre mi-juin et mi-juillet. La voie de reproduction sexuée majoritaire est l'autofécondation. Elle produit des fruits qui, en se développant, se torsadent de manière très caractéristique.

L'existence du taxon affine *D. stylaris* W.D.J. Koch (= *D. thomasi* W.D.J. Koch) signalée dans l'arc alpin et historiquement en Amérique (Fernald & Knowlton, 1905) est considérée comme douteuse par certains auteurs. Les populations pyrénéennes, quoique conformes à *D. incana sensu stricto*, ont été décrites comme subsp. *pyrenaica* (O.E Schulz) O. Bolos et Vigo (Tison & Foucault, 2014).

La plante est donnée comme bisannuelle ou monocarpique avec une production de graines maximale dans les milieux pionniers. Les taux de mortalité sont importants dans les 6 premiers mois entre le printemps et l'automne. Malgré cela,

dans les populations étudiées en Angleterre, les individus de moins de trois ans sont largement majoritaires, le nombre de plantes âgées (5 à 7 ans) est faible. Cependant on peut émettre l'hypothèse que les plantes âgées sont plus « tenaces » car il y a un taux de mortalité plus faible chez elles (Fordham, 1979).



Figure 4 : *Draba incana* © T. Sanz/ CBNPMP.

Écologie

Draba incana est une espèce basophile qui se développe dans des milieux assez ouverts (pelouses, landes, rochers...). Fordham (1979) la donne dans des pelouses calcicoles froides (entre *Festuco-Brometea* et *Elyno-Seslerietea*). Dans le contexte pyrénéen, la plante est toujours établie en contexte de roches sédimentaires ou métasédimentaires en situation plutôt mésophile, neutre à basique (parfois calcaire), sur substrat oligotrophe. Les stations se répartissent de 1 460 (station du col de Tortes) à 2 100 m (station du pic de Viscos) d'altitude, préférentiellement en exposition de type « nord » (ONO à ENE), ce qui correspond assez bien à l'étage subalpin.

Sur quelques localités, tout ou partie des individus sont observés dans des situations pouvant être qualifiées de « primaires » : dalles ou pelouses de vives sur petits affleurements rocheux calcaires. Mais la majeure partie des individus est établie en situation secondaire dans des mosaïques de pelouses et de landes d'origine agropastorale (figure 5). Dans ces contextes, certains individus se développent soit en conditions pionnières de "tonsure" (plage de terre nue dans les pelouses) soit à l'abri des rameaux périphériques de chaméphytes frutescents, en particulier *Juniperus communis* subsp. *nana* (Hook.) Syme.

Dans les tonsures, le nombre de rosettes stériles des individus est très faible, ce qui suppose qu'il s'agit de jeunes

individus récemment recrutés dans la population. Dans ces conditions, certains d'entre eux s'exposent à la déprédation. Au contraire, sous les Genévriers, de nombreuses rosettes stériles sont observées ce qui laisse penser que la plante est en mesure de « végéter » à leur contact, donnant des individus possiblement plus âgés. Les chaméphytes frutescents présents par patches plus ou moins denses dans les pelouses pâturées extensivement – et qui répondent aux exigences pédoclimatiques de la plante – semblent jouer un rôle important dans la structuration de l'habitat de *Draba incana*.



Figure 5 : *Draba incana* en situation secondaire dans des tontures de pelouses : vue générale et zone de tonture © T. Sanz/ CBNPMP.

Répartition et démographie

Plante de zones subarctiques, arctiques et de régions alpines, la Drave blanchâtre est présente dans plusieurs pays de l'hémisphère nord : France, Suisse, Angleterre, Islande, Norvège, Suède, Finlande, Estonie, Russie, Canada, États-Unis, Groenland. Des parts d'herbiers que nous n'avons pas vérifiées sont localisées en Inde, Chine (Tibet) et Iran (GBIF, 2022). En France, l'espèce est très rare dans les Alpes : éteinte au col du Mont-Cenis ; connue historiquement dans le secteur du Lautaret (lieu-dit Verzilla), elle n'est connue aujourd'hui qu'au jardin alpin du Lautaret et à proximité (Andrieu, 2007 ; S. Abdulhak, comm. pers., 2022). Elle est mieux représentée dans les Pyrénées, en particulier côté français. Elle était jadis présente en Espagne (Castroviejo,

1993) mais on considère aujourd'hui qu'elle est vraisemblablement éteinte dans la péninsule ibérique, d'après le livre rouge de la flore menacée d'Espagne (Bañares & al., 2004). Les populations françaises sont donc les dernières des Pyrénées qui forment l'une des limites méridionales de son aire de répartition mondiale. Compte tenu de la rareté et du niveau de menace de *Draba incana* dans l'ensemble de l'arc alpin (InfoFlora, 2022 ; Bornand, 2016 ; Aeschimann, 2004), le massif des Pyrénées possède une forte responsabilité de conservation des populations relictuelles de l'Europe tempérée pour cette espèce arctico-alpine à boréo-subalpine, constituant la principale marge arrière (au sens des balancements glaciaires) de l'aire de répartition européenne.

L'une des plus vieilles stations connues dans les Pyrénées est probablement celle du pic de Bergons dans la commune de Luz Saint-Sauveur (65), car la plante y est collectée par Ramond de Carbonnières (1755-1825), la date de collecte n'étant pas indiquée sur la part d'herbier. Lapeyrouse (1818) la cite des Pyrénées-Orientales, mais il n'y a pas de part correspondante dans son herbier (B. Presse, com. pers.) : ces mentions sont considérées comme douteuses ("M. [montagne] des Albères, de Costabona, de Rocca-Rojas" citation reprise par Philippe (1859) sous la forme "aux Albères, Costabona, Rocca royal"). L'espèce est observée ensuite par Philippe (1859) au pla de Garet à Gripp (Campan) et aux « Montagnes Calcaires près de Bedouret » à Ancizan. Bordère observe ensuite d'autres stations en vallée de Luz. Il la récolte par exemple le 30 juin 1877 à Saugué (herbier Tourlet). L'espèce est récoltée au XIX^e siècle (un échantillon à MA [48501]) pour la commune de Bielsa dans les Pyrénées espagnoles, elle n'y a pas été revue malgré les recherches (Bañares & al., 2004). Plus tard, d'autres stations des Hautes-Pyrénées seront publiées par Coste (1922), en vallée de la Gela (observateur : Loret ; station la plus proche de Bielsa) mais aussi au pic de Viscos (observateur : Vallot). Dans l'herbier de Coste, une part d'herbier léguée par l'abbé Soulié datée du 3 août 1906 atteste de la présence de l'espèce dans le département des Pyrénées-Atlantiques (pic de Goupey). Coste (1922) cite deux stations supplémentaires dans ce département, dont une qui sera revue par Carié en 1964 (col de Tortes), l'autre étant « Gorges de Balourd » aux Eaux-Bonnes. Schulz, 1927 cite également « Bagnères de Bigorre » pour les Hautes Pyrénées.

Certaines de ces stations historiques, qui ont été semble-t-il perdues de vue jusqu'alors, ont pu être retrouvées dans le cadre de ce travail :

- l'unique station connue à ce jour des Pyrénées-Atlantiques du col de Tortes, de Coste puis Carié (1922 et 1964) retrouvée le 30/06/2023 par T. Sanz et B. Durand ;
- la station de Bedouret de Philippe (1859), retrouvée le 29/06/2023 par T. Sanz et B. Durand ;
- la station de Saugué de Bordère (1877), retrouvée le 22/07/2024 par M. Lefebvre et A. Videau.

Dans les données plus récentes disponibles, la drave blanchâtre a été mentionnée dans 6 stations autres que les stations historiques, toutes dans le département des Hautes-Pyrénées :

- au col de Ripère à Gèdre (65), découverte par J.-P. Vogin en 2001 ;
- à la Planette à Gavarnie (65), mentionnée par L. Nogué en 1998 mais non revue depuis malgré des recherches ;

- au centre de vacances d'Aragnouet (65), mentionnée par E. Farrand en 2001 mais non revue depuis malgré des recherches ;
- au pic du Midi d'Arrens à Arrens-Marsous (65), mentionnée par G. Moritel en 2006 mais non revue depuis (à rechercher) ;
- au col de Riou – pène de Bassots, à Cauteret et Viscos (65), découverte par B. Durand et E. Florence en 2019, non loin de la station du pic de Viscos ;
- aux cabanes de Camoudiet à Ancizan (65), découverte par T. Sanz en 2023.

En résumé, à ce jour, les populations de la drave blanchâtre sont connues dans 10 stations dans la partie ouest du massif

- des Pyrénées, uniquement sur le versant français (figure 6)
- 1 station dans le massif de la Latte de Bazen (64) ;
 - 5 stations en vallée de Luz-Saint-Sauveur (65), réparties sur une aire d'environ 45 km² ;
 - 3 stations en vallée de Campan (65), réparties sur une aire d'environ 10 km² ;
 - 1 station en haute-vallée d'Aure (65).

Le tableau 2 synthétise l'état d'avancement des connaissances et des recherches de stations d'après toutes les mentions dont nous disposons, avérées (herbier, témoignage, photo) ou non.

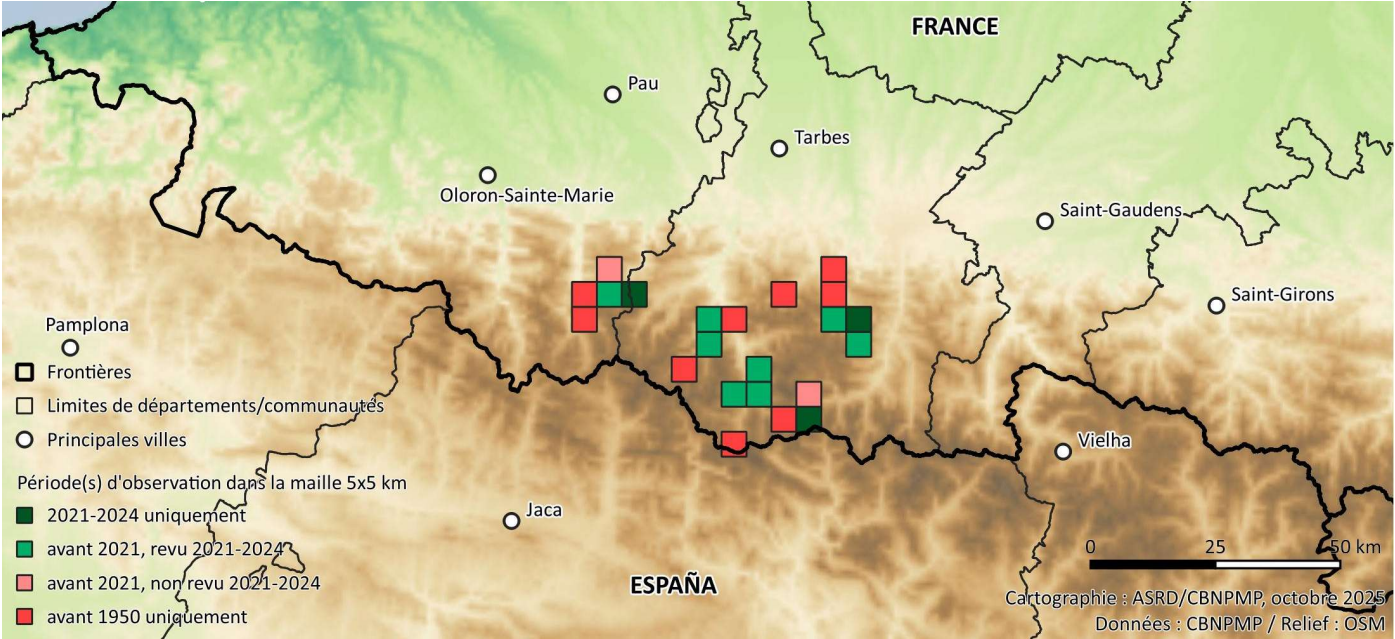


Figure 6 : Répartition de *Draba incana* dans les Pyrénées françaises.

Département	Commune	Localité	Avérée	Historique (< 1950)	Recherchée	Revue et évaluée
64	Béost	Col de Tortes	Oui	Oui	Oui	Oui
65	Ancizan	Bedouret			Oui	Oui
65	Aragnouet	Vallée de la Géra			Oui	Oui
65	Campan	Pla de Garet			Oui	Oui
65	Gavarnie-Gèdre	Saugué			Oui	Oui
65	Luz-Saint-Sauveur	Pic de Bergons			Oui	Oui
65	Viscos	Pic de Viscos			Oui	Oui
64	Laruns	Pic de Cézy			Oui	Non
64	Eaux-Bonnes	Gorges de Balourd			Oui	Non
65	Gavarnie-Gèdre	Chapelle d'Héas			Oui	Non
65	Ancizan	Cabanes de Camoudiet		Non	Oui	Oui
65	Cauterets	Col de Riou - Pène de Bassots			Oui	Oui
65	Gavarnie-Gèdre	Col de Ripeyre			Oui	Oui
65	Aragnouet	Aragnouet - Centre de vacances			Oui	Non
65	Gavarnie-Gèdre	Entortes de Pailla	Non	Oui	Oui	Non
65	Asté	Pic de L'Hieris [Lhéris]			Non	Non
66	Prats-de-Mollo-la-Preste	Costabona			Non	Non
66	Prats-de-Mollo-la-Preste	Rocca-Rojas (pla de las Eugas)			Non	Non
66	[plusieurs communes possibles]	Albères			Non	Non
65	Gavarnie-Gèdre	La Planette		Non	Oui	Non
65	Arrens-Marsous	Pic du Midi d'Arrens			Non	Non

Tableau 2 : Synthèse des localités de *Draba incana* citées dans les Pyrénées françaises et état d'avancement des prospections.

Du point de vue démographique, les populations pyrénéennes s'établissent en 15 petites aires de présence inférieure à 5 000 m² en moyenne, réparties dans 10 stations. Dans ce travail, l'effectif des populations a été approché en estimant le nombre de tiges florifères par aire de présence. La moyenne est d'environ 50 tiges fleuries par aire de présence avec un minima à 3 et un maxima à 180. 60% des localités présentent un effectif faible à très faible (< 30 tiges fleuries) (tableau 3).

Classes du nombre de tiges fleuries estimées	Nombre d'aires de présence concernées
< 10	6
11 à 30	3
31 à 100	3
> 100	3

Tableau 3 : Répartition des effectifs (classe du nombre de tiges fleuries) sur les 15 aires de présence de *Draba incana* dans les Pyrénées.

Au total, la population des Pyrénées connue aujourd'hui peut-être estimée à environ 800 tiges fleuries (< 800 individus). Il ne s'agit cependant que d'une première estimation qu'il faudra préciser grâce à des suivis démographiques poussés sur un échantillon représentatif de station en tenant compte des rosettes stériles qu'il est parfois difficile de relier avec certitude à un individu reproducteur sans abimer les souches.

Facteurs d'influence et menaces

Le pastoralisme transhumant et les pratiques associées, agissent sur la distribution et la qualité des milieux ouverts à l'étage subalpin. Les bilans stationnels de 2022 et 2023 ont montré que la majeure partie des populations se situent en situation « secondaire », dans des mosaïques de végétation (pelouses/landes) d'origine agropastorale. Les changements de pratiques pastorales ou la déprédation par les herbivores constitue dans ces situations un facteur d'influence certain sur les populations de *Draba incana*.

En revanche, pour les populations en situation primaire ou présentant des individus en situation primaire sur lesquels le pastoralisme n'a aucune influence, les menaces sont surtout d'ordre démographique (population non viable, dépression de consanguinité, etc...) ou éventuellement liées au changement climatique dans le cas de stations situées en position sommitale et en versant nord de certains sommets (pic de Bergons par exemple).

En combinant i) l'analyse du caractère supposé primaire ou secondaire des végétations contenant les individus de *Draba incana*, ii) leurs effectifs actuels, iii) le contexte pastoral et iv) la présence de l'espèce en situation sommitale, nous avons attribué par station un ou plusieurs facteurs d'influence potentiels parmi ceux représentés à la figure 7. Cette première approche permet donc de faire ressortir les changements de pratiques pastorales et les menaces d'ordre démographique comme les deux principaux facteurs d'influence sur l'espèce à l'échelle des Pyrénées. Tout ceci devra être précisé par des suivis à l'avenir.

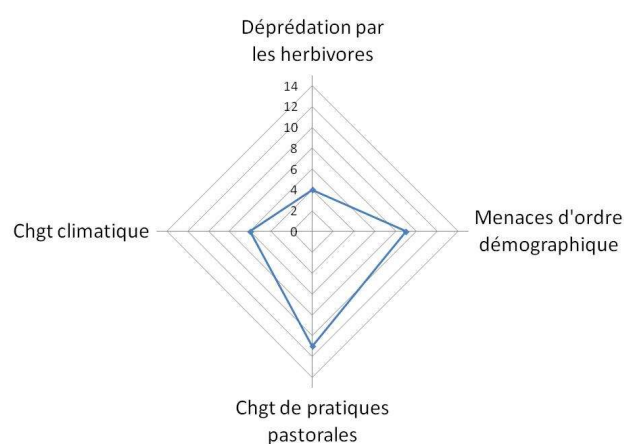


Figure 7 : Poids des différents facteurs d'influences exprimée en nombre de localités présumées concernées (présence-absence).

Conclusion et perspectives

L'amélioration des connaissances sur ces deux taxons prioritaires du PNA en faveur des plantes menacées des estives pyrénéennes a permis de mieux cibler les enjeux sur ces espèces et sur les milieux associés.

Festuca prudhommei, estimée jusqu'alors comme rare et présentant des forts enjeux de conservation, soulève des questions quant au réajustement des statuts de menace qui la concernent. En effet, le nombre de stations et d'individus était largement sous-estimé avant les efforts des prospections ciblées sur l'espèce. De nouvelles évaluations de son statut de conservation, selon les critères de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour les listes rouges, ou de l'IRCN pour le niveau de responsabilité, devront être réalisées, afin de redéfinir des mesures de conservation ou de surveillance adaptées.

La situation est bien différente pour *Draba incana*, car si les prospections menées ont permis de retrouver 3 stations historiques et d'en découvrir 1 nouvelle, le total des stations connues dans les Pyrénées n'est que de 10, avec un effectif de population estimé à moins de 800 individus. 9 des 15 populations ont des effectifs faibles à très faibles (moins de 30 tiges fleuries) ce qui les expose à des risques de dérive génétique et de consanguinité. Des suivis démographiques devront affiner ces premiers éléments.

Le pastoralisme s'avère être un facteur d'influence majeur, les 2 espèces fréquentant des habitats maintenus ouverts par le pastoralisme transhumant ou dont la dynamique en absence de troupeaux bovins ou équins serait à préciser. Localement, des menaces liées à la concentration du troupeau induisant un surpiétinement ou de l'abrutissement ont pu être identifiées.

La mise en œuvre du PNA permettra de mettre en place des actions sur le suivi et l'évolution des populations et des habitats d'espèces en lien avec les pratiques pastorales et leur évolution, en mobilisant autant que possible les acteurs du pastoralisme (services pastoraux, gestionnaires d'estives, éleveurs, bergers...). Des actions de conservation (adaptation d'itinéraires techniques, récolte de graines et conservation *ex situ*, renforcement de population...) pourraient voir le jour sur les populations les plus fragiles de ces espèces à forte responsabilité dans les Pyrénées (Sanz & al., 2023). En parallèle, quelques stations historiques pourront encore être recherchées et faire l'objet de bilans stationnels.

Remerciements

Merci à Jean-Marc Lewin pour sa ténacité et son soutien lors de certaines prospections laborieuses, Sylvain Abdulhak (CBNA) pour ses photographies de qualité et ses conseils taxonomiques, Olivier Argagnon et Virgile Noble (CBNMed) pour leur aide dans les interprétations phytosociologiques. Merci à tous les botanistes ayant participé aux journées de terrain sur *Draba incana* et en particulier à Bruno Durand pour sa contribution aux bilans stationnels ainsi que pour ses travaux, préalables au PNA, de recherches de certaines stations et données historiques sur cette espèce. Enfin, les auteurs remercient Jocelyne Cambecèdes (CBNPMP) et Gérard Largier pour leur aide précieuse à la finalisation de cet article, ainsi qu'Anne-Sophie Rudi-Dencausse (CBNPMP) pour la réalisation des cartes.

Bibliographie

- AESCHIMANN D., LAUBER K., MOSER D.M. & THEURILLAT J.P., 2004. Flora alpina - I : Lycopodiaceae - Apiaceae. Belin, Paris, 1159 p.
- ANDRIEU T., 2007. *Recherches de Draba incana sur la région du Lautaret*. Conservatoire botanique national alpin. Rapport d'étude, 4 p.
- BAÑARES, Á., G. BLANCA, J. GÜEMES, J.C. MORENO & S. ORTIZ (eds.), 2004. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General para la Biodiversidad, Publicaciones del O.A.P.N. Madrid, 1.069 p.
- BORNAND C., GYGAX A., JUILLERAT P., JUTZI M., MÖHL A., ROMETSCH S., SAGER L., SANTIAGO H. & EGGENBERG S., 2016. Liste rouge Plantes vasculaires. Espèces menacées en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne, Info Flora, Genève. *L'environnement pratique*, **1621** : 178 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1932. *Plant sociology. The study of plant communities*. McGraw-Hill Book Co., New-York & London, XVIII + 439 p.
- BURKHART J.-A. & SANZ T., 2023. *Actualisation du bilan stationnel de la fêtuque de Prudhomme (Festuca prudhommei Kerguelen & Plonka) dans les Pyrénées françaises*. Rapport d'étude. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 36 p. + ann.
- CASTROVIEJO S. (coord.), 1993. *Flora Iberica. Vol. 4. Cruciferae-Monotropaceae*. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, [I]-LIV, [1]-730 p.
- CALVET M., 2004. The Quaternary glaciation of the Pyrenees. In: Ehlers J. & Gibbard P.L. (Eds.), *Developments in Quaternary Sciences*. Elsevier, Volume 2, Part 1, pp. 119-128.
- CBNPMP (coord.), ARANZADI, CBNMED, CMCNB, IBB-CSIC, IEA-CENMA, IPE-CSIC, & UB, 2019. *Liste rouge de la flore vasculaire des Pyrénées*. Bagnères-de-Bigorre (France), 32 p.
- COSTE H., 1922. *Catalogue des plantes des Pyrénées*, Document manuscrit, 455 p.
- FORDHAM R.C., 1979. *An analysis of the population dynamics of Draba incana, Polygala amarella and Gentiana verna in upper Teesdale*. Doctoral dissertation, Durham University, 115 p.
- GAUSSEN H., 1933. Coup d'œil sur la végétation des Pyrénées de l'Ariège, de Cerdagne et de l'Aude. *Bulletin de la Société botanique de France*, **80** : 841-848.
- GOURVIL J. & GIRARD A., 2020. *Proposition d'évaluation des priorités de conservation des taxons menacés et quasi-menacés de la flore vasculaire : Élaboration d'un Indice multicritère à valeur de Responsabilité Conservatoire Nationale (IRC)*. Présentation Office française de la biodiversité, 35 p.
- GRIME J.P., 1974. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*, **250**: 26-31.
- INGIMUNDARDÓTTIR G.V., KRISTINSSON H. & ANAMTHAWAT-JÓNSSON K., 2011. Cytotaxonomical study of *Draba incana* L. from Iceland. *Acta Botanica Islandica*, **15**: 11-22.

- KERGUÉLEN M., PLONKA F. & CHAS E., 1993. Nouvelle contribution aux *Festuca (Poaceae)* de France. *Lejeunia*, **142** : 42.
- LAPEYROUSE P. PICOT DE, 1818. *Histoire abrégée des plantes des Pyrénées, et itinéraire des botanistes dans ces montagnes. Vol. 1*. impr. de Bellegarrigue, Toulouse, 858 p.
- LE BERRE M., BURKHART J.-A., ANDRIEU F. & MOLINA J., 2022. *Bilan stationnel de la fêtuque de Prudhomme (Festuca prudhommei Kerguelen & Plonka) dans les Pyrénées-Orientales*. Rapport d'étude. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, 24 p. + ann.
- PHILIPPE M., 1859. *Flore des Pyrénées*. Tome second, Plassot, Bagnères-de-Bigorre, 505 p.
- PLONKA F., PRUDHOMME J., CHAFFIN C. & KERGUÉLEN M., 1996. *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka, une espèce encore mal connue. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, **27** : 23-34.
- PORTAL R., 1999. *Festuca de France*. R. Portal, Vals-près-Le Puy, 371 p.
- RESEDA-Flore (coord.), 2019. *Glossaire pour la conservation de la flore méditerranéenne*. Rapport d'étude. CBNMed, CBNA, CBNMC, CFE-CNRS, IMBE, ISEM, 11 p.
- SANZ T., LE BERRE M. & CAMBECÈDES J., 2023. *Plan national d'actions en faveur de plantes menacées des estives pyrénéennes*. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, 143 p.
- SANZ T., LAIGNEAU, F. & DURAND B., 2024. *Festuca prudhommei* Kerguelen & Plonka et *Carex lachenalii* Schkuhr : deux espèces intéressantes récemment observées en Ariège. *Carnets botaniques*, **214** : 1-9.
- SANZ, T. 2023. *Bilan stationnel de Draba incana dans les Pyrénées. Plan national d'action en faveur des plantes menacées des estives pyrénéennes*. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 23 p.
- SCHULZ, O. E., 1927. Cruciferae : *Draba et Erophila*. IV. 105 (Heft 89): 1-396 in: A. Engler.
- TISON J.M. & FOUCAULT B. DE (coord.), 2014. *Flora Gallica. Flore de France*. Biotopé, Méze, 1196 p.

Sites Internet

- CBNMed, CBNA & CBNC, *SIMETHIS. Base de données des conservatoires botaniques nationaux méditerranéen, alpin et corse*. En ligne : <http://simethis.eu>, consulté le 12/09/2024.
- GBIF, *GBIF Backbone Taxonomy*. En ligne : <https://www.gbif.org/species/3049770>, consulté le 05/09/2024.
- INFOFLORA, *Draba incana* L.. En ligne : <https://www.infoflora.ch/fr/flore/draba-incana.html>, consulté le 05/09/2024.

AMÉLIORATION DE LA CONNAISSANCE DES *HIERACIUM* ENDÉMIQUES DES PYRÉNÉES FRANÇAISESMarilou CHAZARIN^{1,2}, Pol FERNÁNDEZ², Luis PALAZZESI³, Jean-Marc TISON⁴, Oriane HIDALGO^{2*} & Gilles CORRIOL^{1*}¹Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex²Institut Botànic de Barcelona-CSIC – Ayuntamiento de Barcelona, Passeig del Migdia s/n, E-08038, Barcelona³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnica, División Paleobotánica, Museo Argentino de Ciencias Naturales, 'Bernardino Rivadavia', Avenida Ángel Gallardo 470, C1405DJR, Buenos Aires, AR⁴274 impasse du Bois de Servès, F-38540 Heyrieux*auteurs principaux : oriane.hidalgo@ibb.csic.es et gilles.corriol@cbnmpm.fr

Au sein de la famille des Composées (*Asteraceae*), les épervières forment un genre très diversifié et largement réparti, comprenant environ 4000 taxons décrits dans le monde. La classification des espèces y est complexe en raison de deux phénomènes courants : l'apomixie et l'hybridation, ainsi qu'une plasticité notable des espèces diploïdes et des clones hybridogènes. Cela rend difficile la compréhension de ce genre et l'identification des différents taxons et de leurs limites. Ainsi, peu de botanistes se sont penchés sur les épervières des Pyrénées françaises, ce qui entraîne une connaissance encore lacunaire des espèces (écologie, répartition, état des populations).

En France, les Pyrénées, avec les Alpes, représentent l'un des deux grands foyers de diversification du genre *Hieracium*. Certaines sections du genre sont principalement, voire exclusivement, représentées par des espèces pyrénéennes. C'est le cas de la section *Cerinthoidea*, qui compte une trentaine d'espèces en France, principalement rupicoles (vivant sur des parois rocheuses), et de la section *Oleosa*, riche d'au moins 35 espèces. Toutefois, en raison de la méconnaissance évoquée, la plupart de ces espèces n'ont pas été évaluées dans le cadre des travaux sur la liste rouge de la flore vasculaire des Pyrénées.

L'étude s'appuie sur les travaux préliminaires inédits de Jean-Marc Tison en lien avec le CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées pour la reconnaissance des taxons et leur localisation sur le terrain. Certains taxons semblent rares et potentiellement menacés en raison de leur aire de répartition restreinte, du faible nombre de leurs stations et de la taille réduite de leurs populations connues.

Dans ce travail, une sélection de taxons des sections *Cerinthoidea* et *Oleosa* a été considéré, sur l'ensemble des Pyrénées françaises, notamment pour leur caractère endémique de cette chaîne. Dans un premier temps, différents sites connus ont été référencés à partir d'observations de terrain, de la bibliographie et d'herbiers suivis d'une collecte sur le terrain. Dans un second temps, les échantillons ont été analysés par cytométrie en flux, afin de connaître en particulier la taille du génome, le niveau de ploïdie, ainsi que le régime de reproduction des espèces, qui font également l'objet d'une étude phylogénomique en cours.

Mejora del conocimiento del *Hieracium* endémico de los Pirineos franceses

Dentro de la familia *Compositae* (*Asteraceae*), las pelosillas forman un género muy diverso y ampliamente distribuido, que comprende unos 4.000 taxones descritos en todo el mundo. La clasificación de las especies es compleja debido a dos fenómenos comunes: la apomixis y la hibridación, así como a una notable plasticidad de las especies diploides y los clones híbridos. Esto dificulta la comprensión de los géneros y la identificación de los distintos taxones y sus límites. Por ello, pocos botánicos han estudiado las pelosillas de los Pirineos franceses, lo que significa

que nuestro conocimiento de las especies (ecología, distribución, estado de las poblaciones) sigue siendo incompleto.

En Francia, los Pirineos representan, junto con los Alpes, uno de los dos grandes centros de diversificación del género *Hieracium*. Algunas secciones del género están representadas principalmente, si no exclusivamente, por especies pirenaicas. Es el caso de la sección *Cerinthoidea*, que cuenta con una treintena de especies en Francia, principalmente rupícolas (que viven en las paredes rocosas), y de la sección *Oleosa*, que cuenta con al menos 35 especies. Sin embargo, debido al desconocimiento antes mencionado, la mayoría de estas especies no se evaluaron en el marco de los trabajos sobre la lista roja de la flora vascular de los Pirineos.

Nos basamos en los trabajos preliminares inéditos de Jean-Marc Tison en colaboración con el CBN des Pyrénées et de Midi-Pyrénées para reconocer los taxones y localizarlos sobre el terreno. Algunos taxones parecen ser raros y potencialmente amenazados debido a su área de distribución restringida, al escaso número de sus estaciones y al pequeño tamaño de sus poblaciones conocidas.

En este trabajo se ha considerado una muestra de especies de las secciones *Cerinthoidea* y *Oleosa*, de todo el Pirineo francés, en particular por su carácter endémico en esta cadena. En primer lugar, se referenciaron varios lugares conocidos a partir de observaciones de campo, bibliografía y herbarios, y a continuación se procedió a la recolección sobre el terreno. A continuación, se analizaron las muestras mediante citometría de flujo para determinar el tamaño del genoma, los niveles de ploïdia y el régimen reproductivo de las especies, que también son objeto de un estudio filogenómico en curso.

*Hieracium ramondii* Griseb.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

TRES HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DE UN NOTOTAXÓN HUÉRFANO EN PIRINEOS

Iván PÉREZ-LORENZO^{1,2*}, Pol FERNÁNDEZ^{1,2}, Luis PALAZZESI³, Jaume PELLICER^{1,4}, Pere BARNOLA¹,
Miquel Àngel MARCÉ¹, Teresa GARNATJE^{1,5} & Oriane HIDALGO^{1,4}

¹Institut Botànic de Barcelona-CSIC – Ayuntamiento de Barcelona, Passeig del Migdia s/n, E-08038, Barcelona

²Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Universitat de Barcelona, Campus Diagonal, Av. de Joan XXIII, 27-31, Districte de Les Corts, E-08028, Barcelona

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnica, División Paleobotánica, Museo Argentino de Ciencias Naturales, 'Bernardino Rivadavia', Avenida Ángel Gallardo 470, C1405DJR, Buenos Aires, AR

⁴Department of Comparative Plant and Fungal Biology, Royal Botanic Gardens, Kew TW9 3DS, UK

⁵Jardí Botànic Marimurtra, Fundació Carl Faust, Passeig de Carles Faust, 9, E-17300 Blanes

*autor de correspondència: iperez@ibb.csic.es

Arctium L., el gènere de las bardanas, està compoest por unas 41 especies de las cuales sólo dos habitan los Pirineos, *Arctium minus* (Hill) Bernh. y *A. lappa* L. Sin embargo, recientemente se ha detectado una población en el pueblo de Setcases (Girona) que no corresponde con ninguna de las dos especies. En este trabajo se estudia la identidad y algunos aspectos de la biología de esta nueva población desde diferentes perspectivas.

El análisis de caracteres discriminatorios entre las diferentes especies utilizando material de los dos herbarios más grandes del Noreste peninsular, BC y JACA, mostró que esta nueva población es morfológicamente afín a especímenes centroeuropeos de *A. tomentosum* Mill. Durante la revisión del material no se localizaron especímenes pirenaicos con las características observadas en los individuos de la población estudiada, por lo que sugerimos que se puede tratar de una novedad florística para el sistema montañoso y para el territorio ibérico.

El estudio de la cantidad de ADN, del genoma cloroplástico y de la composición de elementos repetitivos sugiere que ocurrió un proceso de hibridación entre *A. minus* y *A. tomentosum* que habría dado origen a la población, que asignamos al nototaxón *Arctium* × *mixtum* (Simonk.) Nyman.

Finalmente, algunos aspectos de la biología reproductiva de este nototaxón huérfano, como la depredación pre-dispersión, muestran diferencias significativas entre la población de *A. × mixtum* y las circundantes de *A. minus*.

En este contexto, planteamos y discutimos tres posibles escenarios que explicarían la presencia de esta novedad florística para los Pirineos.

Trois hypothèses sur l'origine d'un nothotaxon orphelin dans les Pyrénées

Arctium L., le genre bardane, est composé d'environ 41 espèces dont seulement deux habitent les Pyrénées, *Arctium minus* (Hill) Bernh. et *A. lappa* L. Cependant, une population a récemment été détectée dans le village de Setcases (Girona) qui ne correspond à aucune de ces deux espèces. Dans cet article, nous étudions l'identité et certains aspects de la biologie de cette nouvelle population sous différents angles.

L'analyse des caractères discriminants entre les différentes espèces en utilisant du matériel provenant des deux plus grands herbiers de la péninsule du nord-est, BC et JACA, a montré que cette nouvelle population est morphologiquement apparentée aux spécimens d'Europe centrale d'*A. tomentosum* Mill. Lors de la révision du matériel, aucun spécimen pyrénéen présentant les caractéristiques observées chez les individus de la population étudiée n'a été trouvé, de sorte que nous suggérons qu'il pourrait s'agir d'une nouveauté floristique pour le système montagneux et pour le territoire ibérique.

L'étude de la quantité d'ADN, du génome chloroplastique et de la composition des éléments répétitifs suggère qu'un processus d'hybridation s'est produit entre *A. minus* et *A. tomentosum* qui aurait donné naissance à la population, que nous assignons au nothotaxon *Arctium* × *mixtum* (Simonk.) Nyman.

Enfin, certains aspects de la biologie reproductrice de ce nothotaxon orphelin, tels que la prédation pré-dispersale, montrent des différences significatives entre la population d'*A. × mixtum* et les populations d'*A. minus* environnantes.

Dans ce contexte, nous proposons et discutons trois scénarios possibles qui expliqueraient la présence de cette nouveauté floristique pour les Pyrénées.



Arctium minus (Hill) Bernh.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

MAIANTHEMUM BIFOLIUM, FENOLOGÍA Y HÁBITAT EN SU LOCALIDAD ANDORRANAClara PLADEVALL^{1*}, Manel NIELL¹, Anna ALBALAT¹ & Maria MARTIN²¹Andorra Recerca + Innovació, Av Rocafort, 21-23 Edifici Moli, 3r pis, AD600 Sant Julià de Lòria, Andorra²Fédération des Réserves naturelles catalanes, 9 Rue de Mahou, F-66500 Prades*autora de correspondencia: cpladevall@ari.ad

Presentamos en este trabajo un análisis descriptivo de la observación sistemática de la fenología de *Maianthemum bifolium*, una planta catalogada en peligro crítico de extinción según la *Llista vermella de la Flora de Andorra* (Carrillo & al., 2008 ; Pladevall & al., 2020) y en la misma categoría en el *Llibre vermell de les plantes vasculars endèmiques i amenaçades de Catalunya* (Sáez & al., 2010, 2016) aunque su presencia más abundante en la vertiente francesa permitió que no fuera catalogada en ninguna categoría de extinción en la *Lista roja de la Flora vascular de los Pireneos* (CBNPMP & al., 2019).

Maianthemum bifolium es una planta geófita, de distribución holártica y que encuentra en los Pirineos su límite de distribución meridional. En el Pirineo habita en bosques acidófilos de pino albar o pino negro, pero también en bosques mixtos con hayas o directamente hayedos húmedos. El cambio climático va a afectar notablemente las especies vegetales alpinas y subalpinas (Grabherr & al., 2010 ; Inouye, 2020) y en este sentido, plantas que se encuentran en su límite de distribución o en situación de aislamiento pueden verse aún más afectadas (Matthies & al., 2004 ; Thuiller & al., 2008).

Es importante conocer los aspectos ecológicos, genéticos y de gestión de estas poblaciones aisladas que tienen un interés para la conservación local, para promover una gestión enfocada a su pervivencia.

En el marco del proyecto FLORALAB (2020-2022) de financiación Interreg POCTEFA se instalaron unas sondas de registro de humedad y temperatura en dos puntos: en la localidad andorrana de esta planta y en una zona de control sin su presencia. Este registro permite conocer cuál es la temperatura de crecimiento anual de la planta, el período de innivación y entre otros parámetros a lo largo del año. La comparativa con la estación de control, podría aportar datos relevantes para mejorar la gestión del bosque o entender qué lleva a *Maianthemum* a vivir en un sitio y no en otro.

En este poster presentamos las descripciones climáticas obtenidas tras 3 años de seguimiento ecológico en la estación de Andorra (ubicada en Les Pardines), y la correspondencia con los procesos fenológicos observados durante el año 2023.

***Maianthemum bifolium*, phénologie et habitat dans sa localité andorrane**

Dans cet article, nous présentons une analyse descriptive de l'observation systématique de la phénologie de *Maianthemum bifolium*, une plante classée comme étant en danger critique d'extinction selon la *Liste rouge de la flore d'Andorre* (Carrillo & al., 2008 ; Pladevall & al., 2020) et dans la même catégorie dans le *Livre rouge des plantes vasculaires endémiques et menacées de Catalogne* (Sáez & al., 2010, 2016) bien que sa présence plus abondante du côté français lui ait permis de n'être listée dans aucune catégorie d'extinction dans la *Liste rouge de la flore vasculaire des Pyrénées* (CBNPMP & al., 2019).

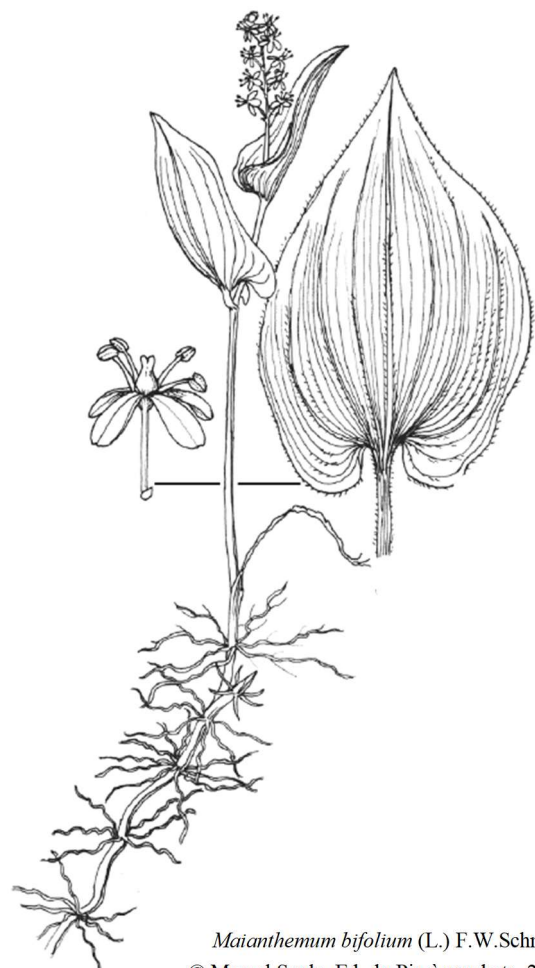
Maianthemum bifolium est une plante géophyte à répartition holarctique dont la limite sud de répartition se situe dans les Pyrénées. Dans les Pyrénées, elle habite les forêts de pins sessiles

ou de pins noirs acidophiles, mais aussi les forêts mixtes avec des hêtres ou directement dans les hêtraies humides. Le changement climatique affectera de manière significative les espèces végétales alpines et subalpines (Grabherr & al., 2010 ; Inouye, 2020) et, en ce sens, les plantes en limite d'aire de distribution ou isolées pourraient être encore plus affectées (Matthies & al., 2004 ; Thuiller & al., 2008).

Il est important de comprendre les aspects écologiques, génétiques et de gestion de ces populations isolées d'intérêt local pour la conservation afin de promouvoir une gestion visant leur survie.

Dans le cadre du projet FLORALAB (2020-2022) avec un financement Interreg POCTEFA, des sondes d'enregistrement de l'humidité et de la température ont été installées en deux points : dans la localité andorrane de cette plante et dans une zone témoin où elle est absente. Cet enregistrement permet de connaître tout au long de l'année la température de croissance annuelle de la plante, la période d'enneigement et d'autres paramètres. La comparaison avec la station témoin pourrait fournir des données pertinentes pour améliorer la gestion des forêts ou pour comprendre pourquoi le Maianthème vit dans un site et pas dans un autre.

Dans ce poster, nous présentons les descriptions climatiques obtenues après 3 ans de suivi écologique à la station d'Andorre (située à Les Pardines), et la correspondance avec les processus phénologiques observés au cours de l'année 2023.

*Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

RÉPONSE DU SYSTÈME SOL / PLANTES À UN GRADIENT DE PÂTURAGE DANS LA RÉSERVE NATURELLE DE LA VALLÉE D'EYNE

Nathalie FROMIN^{1*}, Victor BARRAL¹, Josep PARERA², Sylvain COQ¹, Johanne NAHMANI-WINTER¹, Jim FELIX-FAURE³,
Alain BRAUMAN³, Christophe HURSON² & Sandra MENDEZ²

¹CEFE, Univ. Montpellier – CNRS – EPHA – IRD, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, Campus CNRS, 1919 route de Mende, F-34090 Montpellier

²Fédération des Réserves naturelles catalanes, 9 rue de Mahou, F-66500 Prades

³Eco&Sols, Univ. Montpellier – CIRAD – INRAE – IRD, Institut Agro, Campus La Gaillarde, 2 place Viala, F-34060 Montpellier Cedex 2

*auteure correspondante : nathalie.fromin@cefe.cnrs.fr

En Réserve naturelle nationale de la vallée d'Eyne (RNN-VE), le maintien de certaines activités humaines, dont le pastoralisme, a façonné les milieux semi-ouverts. Le pâturage ovin en transhumance a disparu dans les années 1980, remplacé sur certains secteurs par de l'élevage bovin et/ou équin. Cette modification des pratiques peut engendrer une dégradation des sols (tassement, perte de structure, eutrophisation), alors que d'autres zones font l'objet d'une déprise agricole, qui peut constituer également une menace pour la conservation des habitats concernés.

L'objectif du projet Sol'Eyne (financement LabEx CeMEB – Défi clé BiodicOc) est de définir des indicateurs de santé des sols mobilisables comme outils de gestion des zones agro-pastorales en RNN-VE. Différents paramètres physico-chimiques et biologiques sont caractérisés sur 15 placettes sélectionnées dans un environnement homogène (pente, orientation, altitude, géologie) et présentant une intensité de pâturage plus ou moins élevée. Les communautés végétales sont caractérisées par des relevés botaniques, la macrofaune épigée du sol par le protocole participatif Aspifaune de l'observatoire QUBS (<https://www.qubs.fr/>) et la qualité des sols par le set d'indicateurs bord de champ BioFuncTool® (<https://www.biofunctool.com/>).

Dans un premier temps, un gradient de pâturage est défini sur la base de différentes variables (hauteur végétative, nombre de déjections, proportion de sol nu, pente, nitrophilie des plantes). Il est ensuite confronté aux paramètres physico-chimiques du sol ainsi qu'aux différentes variables biologiques (communauté végétale, macrofaune épigée du sol et indicateurs BioFuncTool®) afin d'identifier à quels taxons ou caractéristiques écologiques de ces taxons (préférences écologiques pour les plantes, groupes trophiques pour la macrofaune) il est lié.

Les zones plus fortement pâturées se caractérisent par des sols plus riches en P et K, à texture plus fine, pH plus faible, où les transformations de l'azote sont plus rapides, et avec une végétation moins diversifiée, plus nitrophile et moins héliophile, à plus forte valeur nutritive, comparé à des zones plus faiblement pâturées. Concernant la macrofaune du sol, les zones plus fortement pâturées sont plus riches en Diplopodes, Hémiptères et Lépidoptères, alors que les zones peu pâturées sont plutôt caractérisées par la présence d'Hyménoptères et de Dermaptères. Nous discutons la pertinence de ces indicateurs comme outils de diagnostic et de gestion pour les gestionnaires d'espaces naturels.

Respuesta del sistema suelo/planta a un gradiente de pastoreo en la reserva natural del valle de Eyne

En la *Reserva natural nacional de la vallée d'Eyne* (RNN-VE), el mantenimiento de ciertas actividades humanas, entre ellas el pastoreo, ha modelado los medios semiabiertos. El pastoreo de ovejas desapareció en los años 80, sustituido en algunas zonas por la cría de ganado vacuno y/o equino. Este cambio de prácticas puede provocar la degradación del suelo (compactación, pérdida de estructura, eutrofización), mientras que en otras zonas se está

produciendo un abandono de la agricultura, lo que también puede suponer una amenaza para la conservación de los hábitats afectados.

El objetivo del proyecto Sol'Eyne (financiado por LabEx CeMEB - reto clave BiodicOc) es definir indicadores de salud del suelo que puedan utilizarse como herramientas de gestión de las zonas agropastorales de RNN-VE. Se están caracterizando diversos parámetros fisicoquímicos y biológicos en 15 parcelas seleccionadas en un entorno homogéneo (pendiente, orientación, altitud, geología) con diferentes grados de intensidad de pastoreo. Las comunidades vegetales se caracterizaron mediante estudios botánicos, la macrofauna epigea del suelo mediante el protocolo participativo Aspifaune del observatorio QUBS (<https://www.qubs.fr/>) y la calidad del suelo mediante el conjunto de indicadores de borde de campo BioFuncTool® (<https://www.biofunctool.com/>).

Inicialmente, se definió un gradiente de pastoreo a partir de distintas variables (altura vegetativa, número de deyecciones, proporción de suelo desnudo, pendiente, nitrofilia vegetal). A continuación, se compara con parámetros fisicoquímicos del suelo y diversas variables biológicas (comunidad vegetal, macrofauna epigea del suelo e indicadores BioFuncTool®) para identificar a qué taxones o características ecológicas de estos taxones (preferencias ecológicas para las plantas, grupos tróficos para la macrofauna) está vinculado.

Las zonas más pastoreadas se caracterizan por suelos más ricos en P y K, de textura más fina, con pH más bajo, donde las transformaciones del nitrógeno son más rápidas, y con una vegetación menos diversa, más nitrófila y menos heliófila, con un valor nutritivo más elevado, en comparación con las zonas menos pastoreadas. En términos de macrofauna edáfica, las zonas más pastoreadas son más ricas en *Diploptera*, *Hemiptera* y *Lepidoptera*, mientras que las zonas poco pastoreadas se caracterizan por la presencia de *Hymenoptera* y *Dermaptera*. Se discute la relevancia de estos indicadores como herramientas de diagnóstico y gestión para los gestores de espacios naturales.

RESEDA-FLORE, RÉSEAU D'ACTEURS POUR LA CONSERVATION DE LA FLORE MÉDITERRANÉENNE

Maëlle LE BERRE*, Louise TURPIN, Olivier ARGAGNON & Katia DIADEMA

Conservatoire botanique national méditerranéen, 34 avenue, Gambetta, F-83400 Hyères

*auteure correspondante : m.leberre@cbnmed.fr

En France méditerranéenne, la dynamique des écosystèmes et des paysages a considérablement évolué au cours des dernières décennies, en raison de profonds changements socio-économiques et du changement global. La mise en œuvre d'une approche partagée de conservation de la biodiversité est essentielle car ce territoire méditerranéen de haute valeur biologique est gravement menacé par les impacts anthropiques qui s'y exercent, et par les changements écologiques et climatiques.

En réponse à ces tendances, des membres de divers organismes de conservation, de gestion et de recherche ont décidé en 2018 de lier efficacement la recherche fondamentale et appliquée aux questions pratiques posées par les gestionnaires des milieux naturels méditerranéens.

Le réseau d'acteurs pour la conservation de la flore méditerranéenne vise, à l'initiative du Conservatoire botanique national méditerranéen, à développer une dynamique collective, jusqu'ici jamais formalisée sur ce territoire, qui inclut tous les départements français méditerranéens, et notamment la partie est de la chaîne des Pyrénées.

Les domaines potentiels de coopération entre les membres du réseau RESEDA-Flore sont nombreux et visent à définir des outils d'aide à la décision et à la gestion durable des milieux naturels. Le fonctionnement du réseau RESEDA-Flore favorise une dynamique collective partagée par d'autres réseaux existants. Il permet la co-construction avec l'ensemble des acteurs, des stratégies et de la mise en œuvre des actions de conservation de la flore et des milieux naturels.

De plus, la conservation nécessite ou bénéficie souvent d'une coopération nationale et internationale. De cette manière, ce réseau territorial, avec son autonomie et son identité, est construit pour pouvoir coopérer avec les autres réseaux méditerranéens et européens.

RESEDA-Flore, una red de actores para la conservación de la flora mediterránea

En la Francia mediterránea, la dinámica de los ecosistemas y los paisajes ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas, como consecuencia de los profundos cambios socioeconómicos y del cambio global. Es esencial aplicar un enfoque compartido para conservar la biodiversidad, ya que este territorio mediterráneo de alto valor biológico está gravemente amenazado por los impactos humanos, así como por el cambio ecológico y climático.

En respuesta a estas tendencias, los miembros de diversos organismos de conservación, gestión e investigación decidieron en 2018 vincular eficazmente la investigación fundamental y aplicada sobre las cuestiones prácticas planteadas por los gestores de los entornos naturales mediterráneos.

Por iniciativa del *Conservatoire botanique national méditerranéen*, la red de agentes implicados en la conservación de la flora mediterránea pretende desarrollar una dinámica colectiva, nunca antes formalizada en este ámbito, que incluya todos los departamentos mediterráneos franceses y, en particular, la parte oriental de la cordillera pirenaica.

Existen numerosos ámbitos potenciales de cooperación entre los miembros de la red RESEDA-Flore, con el fin de definir herramientas de ayuda para la toma de decisiones y la gestión sostenible de los entornos naturales. El funcionamiento de la red RESEDA-Flore favorece una dinámica colectiva que comparten otras redes existentes. Permite co-construir las estrategias y la puesta en marcha de acciones de conservación de la flora y los medios naturales con todos los actores implicados.

Además, la conservación a menudo requiere o se beneficia de la cooperación nacional e internacional. De este modo, esta red territorial, con su autonomía e identidad, se construye para poder cooperar con otras redes mediterráneas y europeas.

*Reseda jacquinii* Rchb.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

EXPERIENCIAS DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DE FLORA AMENAZADA EN RED NATURA 2000 EN NAVARRA

Vanessa CLAVERÍA^{1*}, Aitziber ZUFIAURRE¹, Enara RABINA¹, Anika MEYER¹, Mikel ARTAZCOZ¹, Alaia SARASA¹ & Marta LÓPEZ²

¹Gestión Ambiental de Navarra (GAN-NIK), Padre Adoain 219 bajo, E-31015 Pamplona

²Gobierno de Navarra, Sección de Espacios Naturales y Especies Protegidas, C/ González Tablas nº 9 Baja, E-31005 Pamplona

*autor de correspondencia: velaveri@gan-nik.es

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea coherente de Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), compuesta por lugares que albergan tipos de hábitats naturales y especies de interés comunitario, diseñada para garantizar el mantenimiento o el restablecimiento, en un estado de conservación favorable de estos tipos de hábitats naturales y especies.

Con este fin se elaboran los planes de gestión de los espacios Red Natura, en los que se realiza un diagnóstico del estado de conservación de hábitats y especies, y se establecen objetivos, medidas, normas y directrices para garantizar su estado de conservación favorable.

En Navarra existen 43 ZEC que cuentan con sus respectivos planes de gestión. Actualmente, se están actualizando varios de estos planes, para los que se ha analizado el grado de consecución de las medidas propuestas en los planes antiguos, se ha evaluado el estado de conservación de las especies y los hábitats y se han propuesto medidas de gestión para mantenerlo o mejorarlo (ZEC Monte Alduide, ZEC Urbasa y Andia, ZEC Roncesvalles-Selva de Irati, entre otros).

Las medidas ejecutadas relativas a flora amenazada están relacionadas principalmente con acciones de mejora del conocimiento de flora, para lo que se han realizado seguimientos de especies como *Arenaria vitoriana*, *Cochlearia aragonensis* subsp. *navarrana*, *Anemone pavoniana*, *Eleocharis austriaca*, *Eriophorum angustifolium*, *Buxbaumia viridis* o *Dicranum viride* entre otras. La información generada se ha incorporado a una base de datos georreferenciada sobre la presencia y estado poblacional de las especies de flora amenazada, donde se recoge también información acerca de las presiones, amenazas y acciones de conservación llevadas a cabo en cada población.

Otras de las medidas llevadas a cabo se centran en la realización de actuaciones que favorezcan o mejoren el estado de conservación de las especies de flora amenazada o sus hábitats. Tal es el caso de la recolección de germoplasma o la translocación de ejemplares para reforzar poblaciones (*Eleocharis austriaca*), desbroces para evitar la competencia entre especies (*Eleocharis austriaca*), o la creación de cercados de exclusión temporal de ganado para favorecer la presencia de especies de flora amenazada (*Eriophorum angustifolium*).

En la planificación actual, se propone continuar con las acciones llevadas a cabo en la planificación anterior, de mejora de la información disponible, seguimiento y vigilancia poblacional y con gestión activa encaminada a mejorar el estado de conservación de las poblaciones de flora amenazada en Red Natura 2000.

Expériences de gestion et de conservation de la flore menacée dans le réseau Natura 2000 en Navarre

Le réseau Natura 2000 est un réseau écologique européen cohérent de zones spéciales de conservation (ZSC) et de zones de protection spéciale pour les oiseaux (ZPS), composé de sites abritant des habitats naturels et des espèces d'intérêt communautaire, destiné à assurer le maintien ou le rétablissement de ces habitats et de ces espèces dans un état de conservation favorable.

À cette fin, les sites du réseau Natura 2000 font l'objet de plans de gestion qui établissent un diagnostic de l'état de conservation des habitats et des espèces, ainsi que des objectifs, des mesures, des règles et des lignes directrices visant à garantir leur état de conservation favorable.

Il y a 43 ZSC en Navarre, avec leurs plans de gestion respectifs. Plusieurs de ces plans sont en cours d'actualisation, ce qui a permis d'analyser le degré de réalisation des mesures proposées dans les anciens plans, d'évaluer l'état de conservation des espèces et des habitats et de proposer des mesures de gestion pour le maintenir ou l'améliorer (ZSC Monte Alduide, ZSC Urbasa et Andia, ZSC Roncesvalles-Selva de Irati, entre autres).

Les mesures mises en œuvre concernant la flore menacée sont principalement liées à des actions visant à améliorer la connaissance de la flore, pour laquelle des espèces telles que *Arenaria vitoriana*, *Cochlearia aragonensis* subsp. *navarrana*, *Anemone pavoniana*, *Eleocharis austriaca*, *Eriophorum angustifolium*, *Buxbaumia viridis* et *Dicranum viride*, entre autres, ont fait l'objet d'un suivi. Les informations générées ont été intégrées dans une base de données géoréférencée sur la présence et l'état des populations des espèces de flore menacées, qui contient également des informations sur les pressions, les menaces et les actions de conservation menées dans chaque population.

D'autres mesures portent sur des actions qui favorisent ou améliorent l'état de conservation des espèces de flore menacées ou de leurs habitats. C'est le cas de la collecte de matériel génétique ou de la translocation de spécimens pour renforcer les populations (*Eleocharis austriaca*), du désherbage pour éviter la concurrence entre les espèces (*Eleocharis austriaca*), ou de la création de clôtures temporaires d'exclusion du bétail pour favoriser la présence d'espèces de flore menacées (*Eriophorum angustifolium*).

Dans le cadre de la planification actuelle, il est proposé de poursuivre les actions menées lors de la planification précédente, en améliorant les informations disponibles, le suivi et la surveillance des populations et la gestion active visant à améliorer l'état de conservation des populations de flore menacée dans le réseau Natura 2000.

ÉCOLOGIE ET GÉNOMIQUE DE LA CONSERVATION DE TROIS ESPÈCES DE PLANTES MENACÉES DES ESTIVES PYRÉNÉENNES

Julien FRAISSE^{1*}, Joris BERTRAND², Jordi SALMONA¹, Romain BERTRAND¹, Gabrielle MARTIN¹,
Nathalie ESCARAVAGE¹ & Jérôme MURIENNE¹

¹Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE UMR5300), Université de Toulouse – CNRS – IRD – Toulouse INP, Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3), Bâtiment 4R1, 118 Route de Narbonne, F-31062, Toulouse cedex 9

²Laboratoire Génome et Développement des Plantes (LGDP UMR5096), Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) – CNRS, 58 avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan

*auteur correspondant : julien.fraisse@univ-tlse3.fr

Les changements de pratiques agro-pastorales et le changement climatique exercent une pression sur les populations des plantes des estives pyrénéennes. Ces pressions ont entraîné la mise en place d'un plan d'action national sur les estives pyrénéennes. En parallèle, le projet FloraPyr3D, un projet de collaboration transfrontalière, vise à améliorer les connaissances de la flore des Pyrénées. Ma thèse s'articule à la jonction de ces deux entités et s'intéresse à trois espèces des estives, endémiques des Pyrénées, *Aster pyrenaeus*, *Vicia argentea* et *Geranium endressii*.

Chacune de ces trois espèces sont présentes dans des conditions environnementales spécifiques et présentent une distribution limitée. Une connaissance des conditions présentes dans lesquelles elles évoluent, de même qu'une compréhension des raisons pour lesquelles leur aire de répartition est si réduite et leur dynamique future sont d'autant d'éléments qui permettront d'informer les décisions de conservation. Deux axes seront donc explorés au cours de ma thèse pour répondre à cette problématique.

Dans un premier temps, la réalisation de modèles de distributions d'espèces (SDM) basées sur des données de microclimats. Ces modèles permettront de mieux prendre la mesure de l'étendue présente des habitats qui leurs sont favorables et de projeter les changements d'aire de répartition des espèces dans le futur en prenant en compte, entre autres, leur capacité de dispersion.

Dans un second temps, des analyses de génomique des populations utilisant des données de RADseq. Ces analyses permettront de mettre en évidence les flux de gènes et la connectivité entre les populations ainsi qu'au niveau du paysage, de même que de nous informer des dynamiques passées des espèces.

Cette présentation aura pour objectif de dresser un premier bilan sur l'avancement du projet ainsi que quelques résultats préliminaires de ma thèse.

Ecología de la conservación y genómica de tres especies vegetales amenazadas en pastos de montaña pirenaicos.

Los cambios en las prácticas agropastorales y el cambio climático están ejerciendo presión sobre las poblaciones vegetales de los pastos de montaña pirenaicos. Estas presiones han llevado a la introducción de un plan de acción nacional para los pastos de montaña pirenaicos. Al mismo tiempo, el proyecto FloraPyr3D, un proyecto de colaboración transfronteriza, pretende mejorar nuestro conocimiento de la flora de los Pirineos. Mi tesis se basa en la unión de estas dos entidades y se centra en tres especies endémicas de los Pirineos: *Aster pyrenaeus*, *Vicia argentea* y *Geranium endressii*.

Cada una de estas tres especies está presente en condiciones ambientales específicas y tiene una distribución limitada. El conocimiento de las condiciones actuales en las que evolucionan, así como la comprensión de las razones por las que su área de distribución es tan limitada y su dinámica futura, son elementos

que permitirán informar a las decisiones de conservación. Por lo tanto, en el curso de mi tesis se explorarán dos vías para abordar esta cuestión.

En primer lugar, el desarrollo de modelos de distribución de especies (SDM) basados en datos microclimáticos. Estos modelos permitirán evaluar mejor la extensión actual de los hábitats que les son favorables y proyectar cambios en el área de distribución de las especies en el futuro teniendo en cuenta, entre otras cosas, su capacidad de dispersión.

En segundo lugar, análisis genómicos de poblaciones mediante datos RADseq. Estos análisis pondrán de relieve los flujos de genes y la conectividad entre poblaciones y a nivel de paisaje, además de informarnos sobre la dinámica pasada de las especies.

El objetivo de esta presentación será ofrecer un primer informe sobre la marcha del proyecto y algunos resultados preliminares de mi tesis.



Vicia argentea Lapeyr.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

PHYLOPYR: HACIA LA SECUENCIACIÓN DE LAS ANGIOSPERMAS DEL PIRINEO Y LA IMPORTANCIA DE LOS HERBARIOS

Pablo TEJERO IBARRA^{1-2*}, Esther GÜIZA MÁRQUEZ¹, María PÉREZ-SERRANO³, Ana GARCÍA DEL BAO¹, Lisa POKORNY⁴, Juan VIRUEL⁵, Pilar CATALÁN⁶, Tamara VILLAVERDE⁷, Anaïs MITXELENA¹, Borja JIMÉNEZ-ALFARO⁸, Aaron PÉREZ⁹, Estella ILLA⁹, Clara PLADEVALL¹⁰, Gilles CORRIOL¹¹, Jérôme MURIENNE¹², Jorge CALVO¹³, Montserrat MARTÍNEZ ORTEGA¹³, José Vicente FERRÁNDEZ², Manel NIELL⁹, Luís CARLÓN¹⁴, Neus NUALART¹⁵, Pol FERNÁNDEZ¹⁵, Ivan PÉREZ¹⁵, Oriane HIDALGO¹⁵, Jocelyne CAMBECÈDES¹⁰, Sara PALACIO², Olatz FERNÁNDEZ², Marina TICÓ² y Mikel ETXEBERRIA OKARIZ¹

¹Aranzadi Zientzia Elkartea-Sociedad de Ciencias Aranzadi, Zorroagaina 11, E-20014 Donostia - San Sebastián (Gipuzkoa)

²Herbario JACA, Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avenida Nuestra señora de la Victoria 16, E-22700 Jaca (Huesca)

³Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avenida Nuestra señora de la Victoria 16, E-22700 Jaca (Huesca)

⁴Real Jardín Botánico de Madrid-CSIC, Plaza Murillo 2, E-28014 Madrid

⁵Royal Botanic Gardens-Kew, Richmond, UK

⁶Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza, Calle de Cuarte, s/n, E-22071 Huesca

⁷Instituto de Investigación en Cambio Global (IICG-URJC), Universidad Rey Juan Carlos, Calle Tulipán, s/n, E-28933 Móstoles (Madrid)

⁸Instituto Mixto de Investigación y Biodiversidad-CSIC y Universidad de Oviedo, Campus de Mieres, Calle Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, E-33600 Mieres (Asturias)

⁹Universidad de Barcelona, Department of Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Diagonal 643, E-08028, Barcelona

¹⁰Andorra Recerca + Innovació, Av Rocafort, 21-23 Edifici Molí, 3r pis, AD600 Sant Julià de Lòria, Andorra

¹¹Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

¹²Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE UMR5300), Université de Toulouse, CNRS, IRD, Toulouse INP, Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3), Bâtiment 4R1, 118 Route de Narbonne, F-31062, Toulouse cedex 9,

¹³Herbario y Biobanco de ADN Vegetal, Universidad de Salamanca, E-37007 Salamanca

¹⁴Jardín Botánico Atlántico, Avenida del Jardín Botánico, 2230, E-33203 Gijón

¹⁵Instituto Botánico de Barcelona-CSIC, Ayuntamiento de Barcelona, Passeig del Migdia s/n, E-08038, Barcelona

* Autor de correspondencia: ptibarra@ipe.csic.es y pibarra@aranzadi.eus

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Resumen

El proyecto PHYLOPYR busca secuenciar el ADN de las angiospermas pirenaicas, avanzando en la comprensión de su diversidad filogenómica. Impulsado por los herbarios JACA y ARAN, combina esfuerzos científicos y ciudadanos para recolectar y analizar muestras vegetales. En 2024 se han recolectado 851 especies y elaborado 728 genotecas con 77 familias y 382 géneros representados. En 2025, se espera secuenciar 1100 especies, ampliando el estudio a la Cordillera Cantábrica y fortaleciendo la conservación de la biodiversidad vegetal en las montañas.

Palabras clave: Pirineo, Angiosperms353, herbari, diversidad filogenómica, secuenciación, conservación.

Résumé : PHYLOPYR : Vers le séquençage des Angiospermes des Pyrénées et l'importance des herbiers

Le projet PHYLOPYR vise à séquencer l'ADN des angiospermes pyrénéennes, afin de mieux comprendre leur diversité phylogénomique. Promu par les herbiers JACA et ARAN, il combine les efforts des scientifiques et des citoyens pour collecter et analyser des échantillons de plantes. En 2024, 851 espèces ont été collectées et 728 génotypes ont été compilés, avec 77 familles et 382 genres représentés. D'ici 2025, 1100 espèces devraient être séquencées, ce qui permettra d'étendre l'étude aux monts Cantabriques et de renforcer la conservation de la biodiversité végétale dans les montagnes.

Mots-clés : Pyrénées, Angiosperms353, herbier, diversité phylogénomique, séquençage génétique, conservation.

Summary: PHYLOPYR: Towards the Sequencing of Pyrenean Angiosperms and the importance of herbaria

The PHYLOPYR project aims to sequence the DNA of Pyrenean angiosperms, improving the understanding of their phylogenomic diversity. Promoted by the JACA and ARAN herbaria, it combines scientific and citizen efforts to collect and analyze plant samples. During 2024, a total of 851 species has been collected and 728 genotypes have been compiled, with 77 families and 382 genera represented. By 2025, 1100 species are expected to be sequenced, extending the study to the Cantabrian Mountains and strengthening the conservation of plant biodiversity in the mountains.

Keywords: Pyrenees, Angiosperms353, herbarium, phylogenomic diversity, sequencing, conservation.

Introducción

El Pirineo es la segunda cadena montañosa más importante de Europa y junto con Sierra Nevada constituye un punto caliente de biodiversidad vegetal en la Península Ibérica (Gómez & *al.*, 2017). El estudio de esta diversidad es bastante preciso, fruto de los trabajos realizados durante décadas por diferentes grupos de investigación y que en la actualidad ha cristalizado en la existencia de un Atlas de Flora Pirenaica. En él se recoge la distribución de los más de 4000 taxones de flora existentes en el territorio pirenaico (CBNMed & *al.*, 2019).

En otros territorios se ha avanzado recientemente en la descripción de otra dimensión de la diversidad, la diversidad filogenómica (Coissac & *al.*, 2015; Figueroa & *al.*, 2021), pero en el Pirineo esta tarea estaba por abordar. La iniciativa PHYLOPALPS y sus resultados recientes describiendo la diversidad filogenómica de los Alpes (Wootton & *al.*, 2025) suponen un ejemplo a seguir en el Pirineo. Avanzar en la reconstrucción de un árbol filogenético de las plantas pirenaicas es una herramienta básica para la ciencia y para la gestión como se identifica en otra iniciativa semejante, PHYLONORWAY (Alsos & *al.*, 2020). Desde un punto de vista científico permite resolver incertidumbres taxonómicas y reconstruir la historia evolutiva entre otras aplicaciones (Cubino & *al.*, 2022). Desde el ámbito de la gestión permite identificar lugares de alta diversidad filogenómica, que al incluir plantas de linajes muy diversos atesoran un mayor potencial de procesos biológicos y soluciones metabólicas codificadas en su genoma (Cardillo, 2023).

El conocimiento riguroso de la flora se basa principalmente en los herbarios, colecciones de historia natural que custodian los testigos de la presencia de una planta en un lugar y momento determinado, con una fenología concreta. Gracias a los millones de registros que estas colecciones aportan se ha avanzado en la descripción de los diferentes taxones y en la elaboración, y actualización, de sus mapas

de distribución (Nualart & *al.*, 2017; Davis, 2022). Este papel como referencia y repositorio científico que juegan los herbarios es igualmente necesario a la hora de abordar estudios filogenómicos, en este caso para conservar los testigos de las plantas de las que se obtienen las secuencias. De esta manera, posibles cambios futuros en la nomenclatura pueden ser asociados a las secuencias generadas de manera rigurosa, aspecto imposible si no se dispusiera de material tipo.

La iniciativa PHYLOPYR tiene como objetivo generar los datos genómicos de todas las angiospermas pirenaicas para poder reconstruir la filogenia de las mismas en el territorio. PHYLOPYR surge desde los herbarios JACA (Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC) y ARAN (Departamento de Botánica de la Sociedad de Ciencias Aranzadi) constando el papel que los herbarios siguen jugando en el estudio de la diversidad vegetal y custodiando los testigos del proyecto. Mediante este trabajo se quiere dar a conocer las directrices principales sobre las que se asienta el proyecto, explicar el modo de participación y presentar la hoja de ruta establecida.

Material y métodos

El territorio y la flora

Tanto los límites del territorio de estudio como el conjunto de las plantas que se consideran pirenaicas y sus nombres válidos son aspectos trascendentales para dotar a PHYLOPYR de robustez científica y replicabilidad. La delimitación del Pirineo se ha realizado acorde al geoportal publicado por el Observatorio Pirenaico de Cambio Climático. Los nombres de las especies se han recogido del tesoro usado en el Atlas de la Flora del Pirineo, que se ha actualizado puntualmente con cambios nomenclaturales recientemente aceptados. La flora del Pirineo cuenta con un centenar de endemismos (Tejero & *al.*, 2017; Gómez & *al.*, 2020) que se están recolectando en la localidad clásica siempre que esta es conocida.

El flujo de trabajo de PHYLOPYR se estructura en tres fases: Recolección de campo, integración en el herbario y trabajo de laboratorio (figura 1).

Recolección de campo

La recolección de muestras para PHYLOPYR se realiza seleccionando cinco individuos representativos de una misma población de cada especie que se prensan y procesan por separado. En el caso de las especies con poblaciones muy reducidas en el ámbito pirenaico, generalmente catalogadas y amenazadas, se contempla la recolección de entre 1 y 5 individuos. Basándonos en una aplicación móvil (ver más adelante) se puede comprobar en el campo si el taxón de interés está recolectado o no. Cuando se comprueba que el taxón no está recolectado se procede a la recolección del mismo, intentando representar todas las partes importantes del mismo que varían en función del tamaño y estructura de la planta (i.e, bulbo en el caso de los geófitos, ramas en los fanerófitos...). Todas las recolecciones se realizan con los permisos pertinentes.

Integración en el herbario JACA

El material recolectado se valida, procesa y asigna un código en el herbario JACA, generando un pliego con 5 camisas en las que se separa cada individuo en camisas diferentes. De esta manera se cuenta con un pliego testigo

que sirve de tipo molecular a partir del cual se obtendrá la secuencia de la especie y de 4 duplicados que se repartirán entre los herbarios colaboradores del proyecto. Durante el procesamiento en el herbario, se extraen entre 10 mg y 20 mg de tejido de hoja seca de cada individuo. El tipo molecular se procesa en el laboratorio y todos los individuos pasan a integrar una colección poblacional de tejidos que se guarda en el herbario JACA.

Trabajo de laboratorio

Las extracciones de ADN se llevan a cabo a partir del tejido de hoja seca proveniente del pliego etiquetado como tipo molecular mediante la técnica de CTAB (Doyle & Doyle, 1987). La integridad del ADN se evalúa visualmente en geles de agarosa al 1% y la concentración se estimó mediante fluorimetría con el sistema Qubit (ThermoFisher Scientific). Se sonicaron 200 ng de cada muestra mediante Qsonica Q800R3 durante 20 minutos en las condiciones aconsejadas por la casa comercial para obtener fragmentos de ADN de unos 200 pb y el tamaño de las muestras resultantes se comprobó en geles de agarosa al 1%. Con las muestras correctamente fragmentadas se realizaron genotecas utilizando el kit NEBNext® Ultra™ II DNA Library Prep Kit for Illumina® con una estrategia de índices que permite multiplexar en la secuenciación. Tras cuantificar la cantidad de ADN de cada genoteca se realizaron pools equimolares para realizar la captura y enriquecimiento para los 353 genes del kit Angiosperms 353 (Johnson & *al.*, 2019) y el control de calidad se realizó mediante Bioanalyzer (Agilent). Para la secuenciación final se utilizó la plataforma Novaseq 10x (Macrogen) y para ello se realizaron nuevos pools equimolares de las capturas.

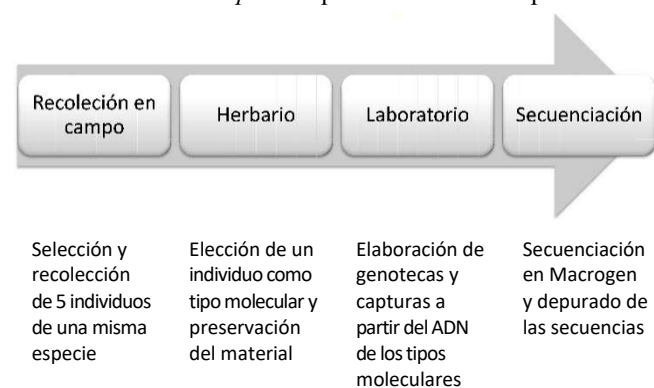


Figura 1: Metodología

Modo de participación y selección de especies

La participación en la recolección de especies para el proyecto PHYLOPYR está abierta a cualquier persona interesada, incluyendo científicos, técnicos y ciudadanos. Para facilitar la coordinación, se ha desarrollado una aplicación móvil en Appsheets, diseñada específicamente para gestionar la recolección de datos en tiempo real. A través de esta aplicación, los usuarios pueden verificar las especies ya recolectadas y registrar nuevas muestras directamente desde el campo. El acceso a la aplicación requiere un registro previo, el cual puede solicitarse enviando un correo electrónico a agarciadelbao@aranzadi.eus o metxeberria@aranzadi.eus. Cada muestra debe recolectarse y prensarse de manera individual, siguiendo protocolos estandarizados que pueden consultarse desde la página web del proyecto, y los pliegos

resultantes deben enviarse al herbario JACA (IPE-CSIC) o al herbario ARAN para su incorporación a las colecciones científicas. La selección de las especies objetivo se basa en un tesauro elaborado a partir del Atlas de la flora del Pirineo, que incluye todas las angiospermas del Pirineo.

Resultados

La iniciativa PHYLOPYR ha contado con la participación de más de 15 instituciones hasta el momento. En España han participado: la Sociedad de Ciencias Naturales Aranzadi, el Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, el Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad-IMIB, el Institut Botànic de Barcelona-CSIC-Ajuntament de Barcelona, el Real Jardín Botánico de Madrid-CSIC, el Jardín Botánico de Olarizu, el Jardín Botánico Atlántico de Gijón, la Universidad de León, la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, la Universidad de Zaragoza, la Universidad de Barcelona y la Universidad de Salamanca. El proyecto también ha contado con instituciones internacionales: en Francia han participado hasta el momento el Centre National de la Recherche Scientifique, el Conservatoire Botanique National Pyrénéen et Midi-Pyrénées y el Conservatoire Botanique National Méditerranéen y por parte de Andorra, Recerca + Innovació (Andorra). Fuera del ámbito pirenaico se ha contado con la colaboración de Royal Botanic Gardens-KEW (Reino Unido). El equipo humano está compuesto por más de 60 colaboradores y colaboradoras en el momento de la redacción del artículo, entre los que se incluyen más de 15 voluntarios y voluntarias. Estas personas se dividen en dos grupos de trabajo de funcionamiento laxo, uno en el ámbito de la genómica y otro en el de la flora. Estos grupos de trabajo se centran sobre todo en el apoyo especializado ya sea de técnicas o problemas genómicos o de determinación, localización o identificación de taxones problemáticos.

Tras la primera campaña se han llevado a cabo recolecciones de 851 especies vegetales diferentes, las cuales fueron procesadas e integradas en la base de datos del herbario JACA (IPE-CSIC), asignándoles un número de accesión único. Entre todas las muestras recolectadas, se consiguió extraer ADN de alta calidad para 791 muestras, elaborando 728 genotecas. Por lo tanto, la metodología ha resultado operativa, pudiendo procesar más especies al día de media.

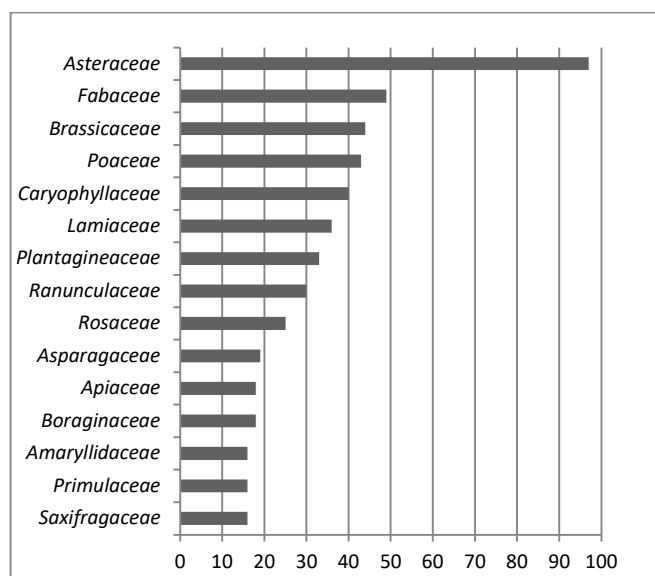


Figura 2: Representación de especies por familia

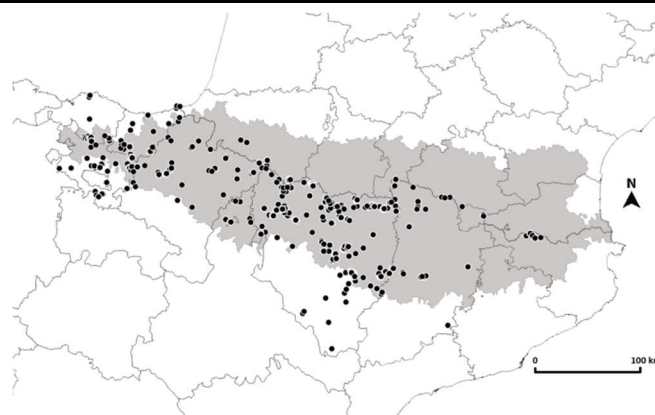


Figura 3: Mapa de recolecciones hasta septiembre de 2024.

Discusión y Perspectivas de futuro

Sin duda alguna, la iniciativa PHYLOPYR está suponiendo un impulso en el estudio de la flora pirenaica y ha cohesionado a diferentes actores del mundo de la botánica pirenaica. Tras una exitosa puesta en marcha, el reto que afronta PHYLOPYR en la actualidad es mantener el nivel de trabajo establecido en 2024 y poder seguir recolectando poblaciones a un nivel óptimo hasta acercarse a las 4000 especies de angiospermas que aproximadamente habitan el Pirineo. La figura 4 contempla el plan de trabajo esperado acorde con la financiación de la que se dispone en la actualidad (proyecto PHYLOPYR Advance de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, que contempla la secuenciación de un máximo de 500 muestras en 2025, financiado por la Diputación Foral de Guipúzcoa y el proyecto POCTEFA Florapyr 3D que incluye en una de sus acciones la secuenciación de un mínimo de 400 muestras). Las expectativas son poder empezar a trabajar en una filogenia pirenaica a partir de 2026, con más de 1500 especies secuenciadas, más de 1/3 del total de la flora pirenaica.

Además, en el año 2025 se abordan diferentes colaboraciones como por ejemplo (i) un estudio filogenómico conjunto de 200 especies de flora alpina que se encuentran tanto en los Pirineos como en la Cordillera Cantábrica y (ii) diferentes reuniones para integrar una perspectiva aplicada a PHYLOPYR en el ámbito de los parientes silvestres de las plantas cultivadas (Tobón-Niedfeldt & *al.*, 2022).

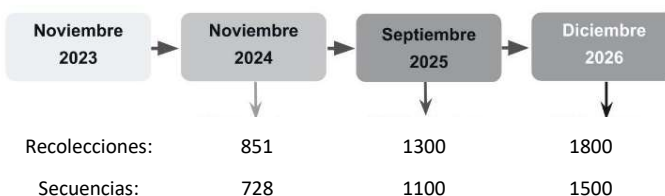


Figura 4: Cronograma esperado.

La distribución de las poblaciones recolectadas por el conjunto del territorio pirenaico, así como la amplia participación de personas afincadas en diferentes regiones pirenaicas le da a PHYLOPYR una perspectiva global que aporta solidez. Teniendo en cuenta que, a pesar de todo, la implantación ha sido desigual en el territorio en el primer año, siendo esta más fuerte en el sector occidental (ámbito de trabajo de las entidades que lideran el proyecto), para 2025 se pretende reforzar las recolecciones en el este pirenaico.

Cómo participar

Cualquier persona con conocimientos de flora, del ámbito académico o no, puede participar en PHYLOPYR. Se puede participar de varias maneras. Por un lado, contribuyendo en la recolección de las plantas que aún faltan por recolectar. También es posible integrarse en alguno de los grupos de trabajo, el de flora o el de genómica, para apoyar en tareas más conceptuales. Todo ello se canaliza a través del equipo de coordinación (ver en la web) o mediante el autor de correspondencia de este trabajo.

Agradecimientos

La iniciativa PHYLOPYR ha sido financiada por la Diputación de Gipuzkoa mediante las subvenciones del programa de la Red Guipuzcoana de CTel: proyectos I+D fundamental (FA385/2023 y FA-EP-2024-0395) en colaboración con la Unión Europea a través del programa POCTEFA con el proyecto FLORAPYR 3D (EFA064/01). Además, los herbarios JACA y ARAN han aportado recursos propios. Los trabajos de laboratorio se han liderado desde el Servicio de Genotipado del Instituto Pirenaico de Ecología con Apoyo del Institut Botànic de Barcelona y del Real Jardín Botánico de Madrid. Los permisos de recolección han sido tramitados por las diferentes autoridades competentes a las que mostramos el agradecimiento.

Bibliografía

- ALSOS I., LAVERGNE S., MERKEL M.K.F., BOLEDA M., LAMMERS Y., ALBERTI A., POUCHON C., DENOEUDE F., PITEKOVÁ I., PUŞÇAŞ M., ROQUET C., HURDU B., THUILLER W., ZIMMERMANN N. E., HOLLINGSWORTH P.M. & COISSAC E., 2020. The Treasure Vault Can be Opened: Large-Scale Genome Skimming Works Well Using Herbarium and Silica Gel Dried Material. *Plants*, **9** (4): 432. <https://doi.org/10.3390/plants9040432>
- CARDILLO M., 2023. *Phylogenetic diversity in conservation: A brief history, critical overview, and challenges to progress*. Cambridge Prisms Extinction, 1. <https://doi.org/10.1017/ext.2023.8>
- CBNMED (Coord.), UB, CBNPMP, IBB-CSIC, CMCNB, IPE-CSIC, Aranzadi, ARI & Bazzania, 2019. *Référentiel de l'Atlas de la flore des Pyrénées (flore vasculaire et bryophytes)*. Projet européen INTERREG FLORAPYR EFA 100-15, en ligne: <http://www.atlasflorapyrenaea.eu/>
- COISSAC E., TABERLET P., ROQUET C., BOLEDA M., GIELLY L., ALBERTI A., WINCKER P., ALSOS I., BOYER F. & LAVERGNE S., 2015. Towards an universal genome-based DNA barcode-The PhyloAlps project. *6th International Barcode of Life Conference, Aug 2015, Guelph, Canada*. pp.206-206. <https://cea.hal.science/cea-04573288v1>
- CUBINO J.P., CHYTRÝ M., DIVÍŠEK J. & JIMÉNEZ-ALFARO B., 2022. Climatic filtering and temporal instability shape the phylogenetic diversity of European alpine floras. *Ecography*, **2022**: e06316. <https://doi.org/10.1111/ecog.06316>
- DAVIS C.C., 2022. The herbarium of the future. *Trends In Ecology & Evolution*, **38** (5): 412-423. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.11.015>
- Doyle J.J. & Doyle J.L., 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, **19**: 11:15.
- FIGUEROA H.F., MARX H.E., DE SOUZA CORTEZ M.B., GRADY C.J., ENGLE-WRYE N.J., BEACH J., STEWART A., FOLK R.A., SOLTIS D.E., SOLTIS P.S. & SMITH S.A., 2021. Contrasting patterns of phylogenetic diversity and alpine specialization across the alpine flora of the American mountain range system. *Alpine Botany*, **132** (1): 107-122. <https://doi.org/10.1007/s00035-021-00261-y>
- GÓMEZ D., FERRÁNDEZ J.V., TEJERO P., & FONT X., 2017. Distribución espacial y análisis ambiental de la flora alpina en los Pirineos. *Pirineos*, **172**: e027. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2017.172002>
- GÓMEZ D., LORDA M., FONT X. & GARCÍA M.B., 2020. Revisión de la flora endémica de los Pirineos. Materiales preliminares para una

lista roja pirenaica en Flora eta habitat piriniar-kantabiararak aldaketa klimatikoaren erronkaren aurrean. Munibe Monographs. *Nature Series*, **4**: 85-92

JOHNSON M.G., POKORNY L., DODSWORTH S., BOTIGUÉ L.R., COWAN R.S., DEVAULT A., EISERHARDT W.L., EPITAWALAGE N., FOREST F., KIM J.T., LEEBENS-MACK J.H., LEITCH I.J., MAURIN O., SOLTIS D.E., SOLTIS P.S., WONG G.K.-S., BAKER W.J. & WICKETT N.J., 2019. A universal probe set for targeted sequencing of 353 nuclear genes from any flowering plant designed using k-medoids clustering. *Systematic Biology*, **68** (4): 594–606. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syy086>

NUALART N., IBÁÑEZ N., SORIANO I. & LÓPEZ-PUJOL J., 2017. Assessing the Relevance of Herbarium Collections as Tools for Conservation Biology. *The Botanical Review*, **83** (3): 303-325. <https://doi.org/10.1007/s12229-017-9188-z>

TEJERO P., GARCÍA M.B. & GÓMEZ D., 2017. Distribución espacial y rasgos ecológicos de la flora endémica de los Pirineos. *Pirineos*, **172**: e031. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2017.172006>

TOBÓN-NIEDFELDT W., MASTRETTA-YANES A., URQUIZA-HAAS T. & al., 2022. Incorporating evolutionary and threat processes into crop wild relatives conservation. *Nat Commun*, **13**: e6254. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33703-0>

WOOTTON L.M., BOUCHER F.C., POUCHON C. & al., 2025. The late rise of sky-island vegetation in the European Alps. *Nature Plants*, **11**: 1142–1153. <https://doi.org/10.1038/s41477-025-02001-0>

Páginas web

Appsheets: <https://www.appsheets.com/>

Atlas de la flora del Pirineo: <https://atlasflorapyrenaea.eu/>

Herbario ARAN: <https://www.aranzadi.eus/aranherbarioa>

Herbario JACA: <https://herbario.ipe.csic.es/herbariojaca/>

Observatorio Pirenaico de Cambio Climático: <https://opcc-ctp.org/es/geoportale>

Proyecto PHYLOPYR: <https://sites.google.com/aranzadi.eus/phylopyr/>



Dioscorea pyrenaica Bubani & Bordère ex Gren.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

GENETIC BASES OF THE FLOWER COLOR VARIATION IN A NATURAL HYBRID ZONE

Pascaline SALVADO

Laboratoire Génome et Développement des Plantes (LGDP UMR5096), Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) – CNRS, 58 avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan, pascaline.salvado@univ-perp.fr

The Angiosperm radiation can be characterized by its outstanding flower color diversity, spanning the entire color spectrum of human and pollinator vision. Moreover, flower color is an evolutionary labile trait which can differ between sister species, among populations or even among individuals at different life-stages. In *Pedicularis comosa*, two subspecies/morphs display distinct flower color, *Pedicularis comosa* subsp. *comosa* has yellow flowers while *Pedicularis comosa* subsp. *asparagoides* has pink flowers. In order to better understand this species taxonomy, to get an overview of the overall genetic diversity and differentiation, and to unravel the possible evolutionary origins and genetic bases behind both morphotypes, we applied a population genomic approach. The phylogenetic tree provided us keys to settle an old debate on *Pedicularis comosa*'s classification, supporting that the two "subspecies" are not reciprocally monophyletic, and that genetic structure is rather consistent with geography. Cline analyses and genetic structure results revealed the existence of a hybrid zone between the two morphotypes, suggesting a strong selection on certain parts of the genome, therefore maintaining differences between *P. c. asparagoides* and *P. c. comosa*. Finally, the investigation of potential outlier SNPs associated with genetic structure as well as phenotypic and environmental data allowed us to find genes involved in color differentiation but also in light and cold stresses adaptation. To uncover the subtle color differentiation from pink to yellow, we applied comparative transcriptomic and metabolomic approaches. All together, these results provided us key information to draw recommendations for the conservation of this species as a whole.

Bases génétiques de la variation de couleur dans une zone d'hybridation naturelle

La radiation des Angiospermes peut être caractérisée par une diversité exceptionnelle de couleurs de fleurs, couvrant l'ensemble du spectre de couleurs de la vision humaine et des pollinisateurs. De plus, la couleur des fleurs est un trait évolutivement labile qui peut varier entre espèces sœurs, parmi les populations ou même entre les individus à différents stades de vie. Chez *Pedicularis comosa*, deux sous-espèces/morphes présentent des couleurs de fleurs distinctes : *Pedicularis comosa* subsp. *comosa* présente des fleurs jaunes tandis que *Pedicularis comosa* subsp. *asparagoides* présente des fleurs roses. Afin de mieux comprendre la taxonomie de cette espèce, d'avoir un aperçu de la diversité génétique globale et de la différenciation, ainsi que d'identifier les bases génétiques des deux morphotypes, nous avons appliqué une approche de génomique des populations. L'arbre phylogénétique nous a fourni des clés pour résoudre un vieux débat sur la classification de *Pedicularis comosa*, soutenant que les deux « sous-espèces » ne sont pas réciproquement monophylétiques, et que la structure génétique est plutôt cohérente avec la géographie. Les analyses de cline et les résultats de la structure génétique ont révélé l'existence d'une zone hybride entre les deux morphotypes, suggérant une forte sélection sur certaines parties du génome, maintenant ainsi les différences entre *P. c. asparagoides* et *P. c. comosa*. Enfin, l'investigation des SNPs potentiellement associés à la structure génétique ainsi qu'aux données phénotypiques et environnementales nous a permis de trouver des gènes impliqués dans la différenciation des couleurs mais aussi dans l'adaptation aux stress lumineux et au froid. Pour découvrir la différenciation

subtile de couleur du rose au jaune, nous avons appliqué des approches transcriptomiques et métabolomiques comparatives. Ainsi, ces résultats nous ont fourni des informations clés pour formuler des recommandations pour la conservation de cette espèce dans son ensemble.



Pedicularis comosa L.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

DIFFÉRENCES D'INTERPRÉTATION DE L'ANNEXE 1 DE LA DIRECTIVE HABITATS FAUNE FLORE : COMPARAISON DES CHOIX FRANÇAIS ET ESPAGNOLS SUR LES VÉGÉTATIONS DANS LES PYRÉNÉES ET IMPLICATIONS STRATÉGIQUES

François PRUD'HOMME* & Lucile NIVELET

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

*auteur correspondant : francois.prudhomme@cbnmpm.fr

[postprint : article accepté et révisé, épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

L'annexe 1 de la Directive Natura 2000 indique les habitats sur lesquels les efforts de conservation doivent être menés. Les descriptions officielles sont floues et nécessitent des interprétations. A notre connaissance, aucune étude comparative entre états membres n'a été faite pour évaluer les divergences d'interprétations. Une comparaison des interprétations françaises et espagnoles dans les Pyrénées est ici proposée. Elle se base sur une analyse des référentiels habitats et végétations des deux pays. Les nombreuses divergences observées posent la question de la cohérence de cette politique mise en œuvre à l'échelle biogéographique. Au-delà de ces divergences, des pistes de collaboration sont proposées pour envisager les convergences possibles.

Mots clés : Natura 2000, Annexe 1 de la Directive habitats, Interprétation d'habitats, végétations pyrénéennes, habitats naturels.

Resumen: Diferencias de interpretación del anexo 1 de la directiva sobre hábitats, fauna y flora: comparación de las opciones francesa y española para la vegetación de los Pirineos - implicaciones estratégicas

El anexo 1 de la Directiva Natura 2000 indica los hábitats en los que deben centrarse los esfuerzos de conservación. Las descripciones oficiales son vagas y requieren interpretación. Se propone una comparación de las interpretaciones francesa y española en los Pirineos. Se basa en un análisis de los catálogos de vegetación de ambos países. Las numerosas discrepancias observadas plantean la cuestión de la coherencia de esta política aplicada a escala biogeográfica. Más allá de estas divergencias, se proponen pistas de colaboración para prever posibles convergencias.

Palabras clave: Natura 2000, Anexo 1 de la Directiva Hábitats, interpretación de hábitats, vegetación pirenaica, hábitats naturales.

Abstract: Differences in interpretation of annex 1 of the habitats, fauna and flora directive: comparison of French and Spanish choices for vegetation in the Pyrenees - strategic implications

Annex 1 of the Natura 2000 Directive lists the habitats on which conservation efforts must be focused. The official descriptions are vague and require further interpretation. To our knowledge, no systematic comparison of interpretation has been produced between two Member States. Analysis of French and Spanish interpretations of those habitats in the Pyrenees is proposed here. It is based on a comparison of the two countries' vegetation catalogues. The numerous discrepancies observed improve the coherence of this policy implemented on a biogeographical scale. Beyond these divergences, avenues for collaboration are proposed in order to envisage possible convergences.

Keywords: Natura 2000, Annex 1 of the Habitats Directive, habitat interpretation, Pyrenean vegetation, natural habitats.

Contexte

La directive « Habitats » (European Union Council, 1992) constitue le principal cadre politique pour la protection de la biodiversité et une cible prioritaire d'investissement en Europe (European commission, 2020). Elle a permis, de manière inédite, d'intégrer les dimensions fonctionnelles des écosystèmes dans les politiques de conservation de la nature, notamment à travers l'introduction des habitats d'intérêt communautaire (HIC), définis dans son annexe I. Cette annexe constitue le cœur du dispositif en listant les

habitats pour lesquels les États membres doivent garantir un état de conservation favorable, en complément des espèces floristiques et faunistiques recensées dans d'autres annexes.

Une caractéristique majeure de cette politique réside dans sa mise en œuvre à l'échelle biogéographique. Les États membres contribuent à la constitution du réseau Natura 2000 selon ces régions biogéographiques, et c'est à cette même échelle que l'état de conservation des habitats doit être évalué (article 17 de la directive). La France et l'Espagne, les deux plus importants contributeurs au réseau Natura 2000 en Europe (European Environment Agency, 2025), partagent ainsi une responsabilité conjointe pour le massif pyrénéen, intégré à la région biogéographique alpine.

Cependant, la gouvernance de Natura 2000 repose également sur des cadres administratifs nationaux, voire régionaux, notamment pour la désignation et la gestion des sites (Commenville, 2023 ; Olmeda & Blanco, 2023 ; Herrero, 2008).

C'est en partie le cas pour la bonne compréhension des HIC. Leur liste est présentée dans l'annexe I de la Directive sous la forme d'une simple énumération d'intitulés d'habitats. Pour en faciliter l'identification, la Commission européenne a publié un Manuel d'interprétation (European commission, 2013) précisant les éléments floristiques, faunistiques, phytosociologiques et écologiques associés, complétés par des correspondances avec la typologie paléarctique de 1995 et d'autres classifications. Toutefois, la précision de ces informations reste hétérogène, ce qui a conduit la plupart des États membres à élaborer leurs propres guides d'interprétation nationaux – tels que les « Cahiers d'habitats » en France (Bensettiti & al., 2001) ou des manuels équivalents en Espagne (VV.AA., 2009).

Cet important travail d'interprétation n'a cependant que rarement fait l'objet d'une coordination entre États membres. Une fois les harmonisations initiales faites lors de la rédaction de la Directive et de son manuel d'interprétation, seuls quelques travaux ponctuels géographiquement et ciblés sur des habitats très spécifiques ont été menés. Les groupes d'experts ne se sont en fait en général réunis qu'à la seule échelle nationale. Une analogie parlante serait celle d'une liste européenne d'espèces protégées illustrée par des photographies floues, que chaque pays interpréterait de manière indépendante — sans jamais comparer officiellement ses conclusions à celles des autres (voir figure 1). Cette situation entraîne logiquement des divergences d'interprétation, comme l'avait déjà souligné Evans (2010).

Même à l'intérieur d'un État membre, ces divergences existent, bien que des dispositifs puissent permettre de les harmoniser progressivement. En France par exemple, 100 % des HIC font l'objet de discussions d'interprétation après 20 ans d'utilisation des cahiers d'habitats, nécessitant l'arbitrage d'un groupe de travail national et conduisant à l'actualisation des guides officiels (Gaudillat, 2023).



Geranium pratense ?
Geranium sylvaticum ?
Nigella damascena ?



interprétation

Geranium pratense !



Figure 1 : Sur la base d'une photo floue (analogie de l'annexe 1 de la Directive), il est possible d'interpréter des taxons à protéger différents, une interprétation commune doit permettre d'être plus juste et plus cohérent.

À ce jour cependant, aucune comparaison systématique des interprétations n'a été réalisée entre deux États membres. Forts de notre implication dans de nombreux projets transfrontaliers entre structures françaises et espagnoles dans les Pyrénées, où Natura 2000 reste un cadre de référence, nous avons jugé essentiel d'évaluer objectivement les divergences d'interprétation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du massif pyrénéen. Cette étude de cas entre France et Espagne n'est qu'un exemple des constats de divergences qui pourraient être certainement faits entre tous les États membres. Les constats et perspectives qui sont faits ici pourraient donc être partagés bien au-delà des seules Pyrénées franco-espagnoles.

Méthodologie

Le Conservatoire botanique est un établissement expert de la flore et des végétations. C'est donc à partir de l'analyse des correspondances établies entre les syntaxons phytosociologiques et les codes d'habitats listés à l'annexe I de la directive que nous avons conduit ce travail.

Nous avons constitué une liste des groupements végétaux présents dans les Pyrénées françaises et identifié ceux considérés comme caractéristiques des HIC à partir des cahiers d'habitats (Bensettiti & al., 2001, 2002, 2004, 2005) et des listes de référence pour la région biogéographique alpine des Pyrénées françaises (liste des habitats présents dans les Pyrénées et dans le domaine biogéographique alpin suivant la troisième évaluation française des habitats et espèces 2013-2018). Cette liste française a été confrontée aux manuels d'interprétation espagnols couvrant la même région (VV.AA., 2003 et 2009), complétés par les guides régionaux de Navarre (Peralta & al., 2013) et de Catalogne

(Vigo & al., 2015) dont les interprétations sont parfois différentes. Le guide d'Aragon ne fournissant pas d'informations phytosociologiques exploitables, il n'a pas été pris en compte. Les syntaxons constituaient en effet la base de comparaison des différents référentiels même si notre objectif n'était pas de produire une classification phytosociologique unifiée, mais de documenter les associations végétales mobilisées dans les guides d'interprétation de chaque pays. On notera que nous ne disposons pas de catalogue espagnol des associations végétales des Pyrénées y compris les associations non caractéristiques d'HIC ; notre comparaison ne pouvait donc pas être parfaitement symétrique.

Dans cette comparaison :

- lorsqu'un syntaxon était traité différemment dans les 3 référentiels espagnols, nous n'avons pas fait de synthèse, et une différence entre le référentiel français et un seul des référentiels espagnols a généré le compte d'une divergence ;
- lorsqu'un syntaxon figurait dans un seul des deux pays, il n'était pas considéré comme source de divergence. L'absence d'un syntaxon dans un des pays pouvait être liée à une simple question chorologique ;
- lorsqu'un même syntaxon était rattaché à des codes d'habitats différents ou avait un statut différent (HIC en Espagne et pas en France ; l'information réciproque n'était pas disponible), la divergence était notée pour chaque HIC concerné (voir figure 2) ;
- nous avons cherché à identifier les associations synonymes, les noms ambigus et les associations basales pour les écarter de notre analyse et ne pas faire une surestimation de divergence liée à des précisions syntaxonomiques.

	France	España	Cataluña	Navarra	Aragón	
Association végétale 1	6210	6210	6210	6210	?	CONVERGENCE
Association végétale 2	NON HCI	6210	?	6210	?	DIVERGENCE DE STATUT
Association végétale 3	6210	6170	6170	?	?	DIVERGENCE DE CODE

DIVERGENCE DE STATUT : problème avec 1 code UE

DIVERGENCE DE CODE : problème avec 2 codes UE

Figure 2 : Décompte des divergences d'interprétation entre les référentiels français et espagnols. La divergence de statut compte pour un type d'HIC. La divergence de code compte pour autant de types d'HIC que concernés par la divergence (ici 2 : 6210 et 6170).

Résultats

L'inventaire réalisé a rassemblé près de 560 associations végétales avec un effectif plus important du côté français puisque nous y avons recensé les syntaxons non communautaires (données non disponibles pour l'Espagne dans le cadre de cette étude). 99 associations ont été regroupées du fait de leur synonymie et 64 associations ont été écartées du fait de leur imprécision syntaxonomique (noms ambigus, synonymes potentiels, groupements basaux). Près de 120 associations françaises ne sont pas d'intérêt communautaire. Au final, 330 associations ont été reconnues comme caractéristiques d'HIC en France, en Espagne ou dans les deux pays, illustrant ainsi la richesse floristique exceptionnelle des Pyrénées. Ces groupements se répartissent entre 55 types d'habitats figurant à l'annexe I de la directive. Sur 161 groupements végétaux communs aux deux systèmes nationaux, 120 ont été attribués au même HIC, 41 présentaient soit des statuts divergents (17), soit des rattachements à des codes d'habitat différents (24).

Même si nous avions pressenti des divergences, l'ampleur des différences nous a surpris. En effet, ce sont 35 types d'HIC (près de 65 %) qui présentent au moins un cas de divergence d'interprétation. Si ce taux ne reflète pas l'ampleur de la divergence (certaines différences sont plus importantes que d'autres), la liste des codes EUR28 concernés inclut notamment : 3110, 3130, 3230, 3240, 3150, 3280, 3290, 4020, 4030, 4060, 5110, 5120, 5210, 6110, 6140, 6170, 6220, 6230, 6420, 6510, 7140, 7220, 7230, 7240, 8110, 8130, 8210, 8220, 8230, 9130, 9150, 9160, 9180, 92A0.

Ces divergences touchent ainsi 80% des HIC rocheux (codes 8XXX) recensés dans les Pyrénées, 75 % des HIC humides (codes en 3XXX), des HIC de landes (codes en 4XXX), des HIC de fourrés (codes en 5XXX), des HIC de forêts (codes en 9XXX) et 60% des HIC de pelouses (codes en 6XXX) et des HIC de tourbières (codes en 7XXX). Ces résultats confirment un niveau de divergence important par rapport à ce que nous attendions. Les divergences restent en effet fortes (même si un peu plus faibles que pour les autres types d'habitats) sur les pelouses et tourbières, habitats très

étudiés et sur lesquels reposent de nombreux projets de collaboration franco-espagnole (projets Life, Sudoe ou Poctefa).

Il faut toutefois noter que les divergences reposent sur relativement peu d'associations par rapport à la diversité des végétations des Pyrénées (161 associations sur 560). Les divergences entre codes reposent presque exclusivement sur une association, parfois 2. Ce niveau de divergence est considéré comme important dans 20% des types d'HIC des Pyrénées (cas où le type d'habitat d'intérêt communautaire repose sur moins de 5 associations végétales : 3130, 3110, 3280, 5120, 6110, 6140, 6220, 7240, 8110). Il peut par contre être considéré comme marginal dans 10% des cas (où le type d'habitat d'intérêt communautaire repose sur plus de 10 associations végétales : 4030, 4060, 6170, 6230, 8130, 8210).

Dans un autre sens, une seule association a pu être mentionnée comme caractéristique de 4 types d'HIC différents suivant les référentiels (*Saponario officinalis-Salicetum purpureae* : 3280 en France, 3240 en Catalogne, 3230/92A0 en Espagne). Cela explique en partie qu'avec relativement peu d'associations sources de divergence, le nombre d'habitats touchés puisse être important.

Discussion

Au-delà de ce que nous nous attendions à observer, cette première analyse des différences d'interprétation entre deux états membres illustre les nombreux types d'habitats touchés par une divergence de rattachement phytosociologique.

Les résultats précis présentent cependant quelques limites. D'abord, nous avons choisi de comparer les interprétations des HIC uniquement par le critère phytosociologique, alors que d'autres caractéristiques écologiques peuvent également définir un habitat et occasionner des divergences. De plus, en partant des interprétations françaises, nous avons ignoré les syntaxons présents dans les deux pays, mais rattachés en Espagne à des HIC absents des listes françaises — un biais sans doute marginal mais existant. Nous n'avons pas non plus intégré les associations végétales espagnoles non communautaires. Parmi celles-ci, il n'est pas impossible que certaines soient présentes en France et y soient rattachées à un habitat d'intérêt communautaire.

En outre, les résultats de cette étude menée côté français à partir de manuels espagnols que nous ne pratiquons pas quotidiennement pourraient être précisés par une contribution directe d'experts espagnols sur certaines associations.

Aucune de ces limites ne remet cependant en cause le constat de divergences sur de nombreux types d'habitats.

L'interprétation des habitats de l'annexe I a des conséquences directes sur la mise en œuvre des politiques de conservation. Les classifications conditionnent le périmètre des sites Natura 2000, l'accès aux mesures réglementaires et aux financements, ainsi que les bilans biogéographiques et européens exigés par l'article 17 de la directive. Des divergences d'interprétation entre États membres peuvent compromettre la cohérence de ces dispositifs. Il est donc indispensable de coordonner les interprétations pour améliorer la fiabilité des connaissances et des actions à l'échelle pyrénéenne, biogéographique et européenne.

Certains États membres ont déjà traité les disparités régionales en leur sein (Gaudillat, 2023) et des initiatives locales (transfrontalières) et ponctuelles ont pu avoir lieu au moins dans le domaine biogéographique méditerranéen sur les habitats de dunes (Argagnon, 2023, comm. pers.) ou comme nous l'avons vu dans les Pyrénées sur les lacs de montagne (Prud'homme & Ninot, 2017) dans le domaine biogéographique alpin. Même si l'échelle transfrontalière paraît un bon début, ces démarches mériteraient d'être consolidées, formalisées et généralisées à l'échelle des domaines biogéographiques.

Conclusion

Le constat de divergence de cette première étude n'est que le préalable d'une analyse plus précise à mener en collaboration avec les espagnols. Dans le cadre du programme Florapyr3D (Interreg POCTEFA), nous envisageons de partager la base de données constituée avec un réseau élargi d'experts franco-espagnols pour en améliorer collectivement le contenu par des relectures et des analyses croisées.

Les travaux antérieurs sur la végétation des lacs pyrénéens (Prud'homme & Ninot, 2017) montrent qu'un tel rapprochement est réaliste et fructueux. Un cadre institutionnel et financier assuré par le programme Florapyr3D doit nous permettre d'organiser des ateliers scientifiques et techniques afin de tendre vers des interprétations harmonisées au cas par cas. Nous pourrions par exemple entamer le travail de rapprochement sur des cas emblématiques des Pyrénées. Les lacs de montagne pyrénéens hébergent des végétations patrimoniales en particulier à *Isoetes* spp, *Subularia aquatica* L., *Potamogeton* spp. Ces végétations sont les mêmes des deux côtés de la frontière et pourtant les groupements végétaux sont classés sous EU3110 en Espagne et EU3130 en France. De la même manière les pelouses à *Festuca eskia* Ramond ex DC. (EU6140), habitat endémique pyrénéen pour lequel la France et l'Espagne sont les deux seuls États membres qui en hébergent, ne sont pas traitées de façon homogène des deux côtés de la frontière avec des différences entre autonomes espagnoles. Les végétations ouvertes en guirlande du *Festucion eskiae* sont ainsi parfois considérées comme d'intérêt communautaire en Espagne alors que les

seules associations des végétations fermées de versant nord du *Nardion strictae* y sont intégrées en France.

Un troisième objectif du programme Florapyr3D sera de définir un cadre opérationnel permettant à ces discussions d'experts d'alimenter efficacement les processus décisionnels nationaux.

Une des originalités et forces de la Directive habitats est son application à l'échelle biogéographique. Cette ambition est cependant fragilisée par les différences d'interprétation de la Directive. La cible des efforts de conservation est en effet manquée si les types d'habitats visés ne sont pas les mêmes entre les états et ce au sein des mêmes domaines biogéographiques. Un travail de convergence est possible et le réseau Natura 2000 en place depuis 30 ans doit en faciliter la mise en œuvre (données, réseaux d'acteurs, instances décisionnelles). Les convergences doivent se faire en respectant le cadre du Manuel d'interprétation européen tout en préservant les priorités de conservation régionales. Une des subtilités du travail de convergence est en effet de gagner en cohérence sans provoquer des déclassements brutaux qui pourraient déstabiliser les applications historiques locales de Natura 2000. Souvent cependant, il pourra s'agir simplement de modifier le code européen, ce qui n'a pas d'impact négatif sur le terrain mais permet d'améliorer la cohérence transfrontalière.

À terme, ces collaborations transfrontalières sur les habitats d'intérêt communautaire pourraient offrir d'autres perspectives. Par exemple, des propositions d'ajouts à l'annexe I pourraient être envisagées pour mieux couvrir les habitats pyrénéens à enjeu, à l'instar des initiatives italiennes sur leurs territoires (Bonari & al., 2023 ; Casavecchia & al., 2021 ; Fois & al., 2021). Une perspective cependant complexe, incertaine et de long terme car l'annexe I semble très difficile à modifier.

En conclusion, la mise en place de cadres d'interprétation partagés améliorerait nettement l'efficacité du réseau Natura 2000 et renforcerait les collaborations transfrontalières. Notre travail préliminaire entend poser les bases d'une application coordonnée et scientifiquement robuste de la directive « Habitats » dans les Pyrénées et la région biogéographique alpine.

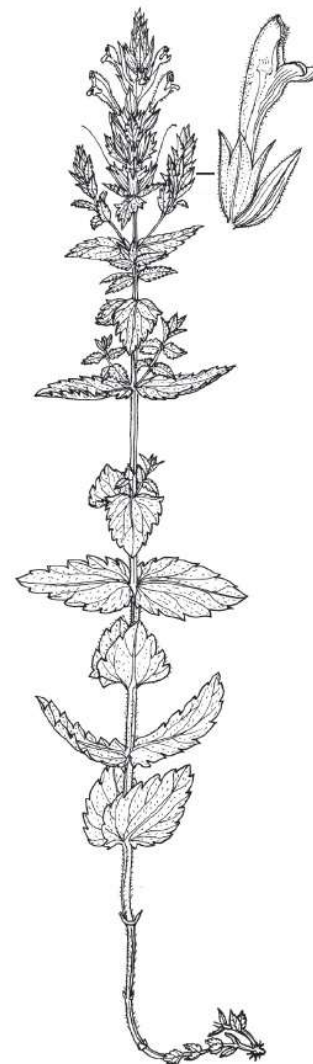
Remerciements

Merci à la DREAL Occitanie, la DREAL Nouvelle Aquitaine, la Région Occitanie et la Région Nouvelle-Aquitaine pour leur support financier de la mission Natura 2000. Le projet FLORAPYR3D, coordonné par le CBNPMP, a permis de valoriser ce travail et d'en assurer la poursuite. FLORAPYR3D est cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) dans le cadre du Programme Interreg VI-A Espagne-France-Andorre POCTEFA 2021-2027, le Fonds national de développement et d'aménagement du territoire (FNADT) Massif des Pyrénées, la DREAL Occitanie et les Régions Occitanie et Nouvelle-Aquitaine. Merci à Jocelyne Cambecèdes et Gérard Largier (CBNPMP) qui ont encouragé cette action au sein de ce programme.

Nous remercions Paz Costa (Nature en Occitanie) pour son aide dans l'aide à l'identification et la traduction de documents en espagnol. Merci à Gilles Corriol (CBNPMP) pour la coordination du catalogue des végétations du territoire d'agrément du Conservatoire qui nous a beaucoup servi dans ce travail. Merci aux organisateurs du XIII^e Colloque international de botanique pyreneo-cantabrique d'avoir permis la présentation de ce travail le 15 octobre 2024 à Targasonne. Merci aux relecteurs du premier manuscrit qui ont permis son amélioration notable.

Bibliographie

- BENSETTITI F., RAMEAU J.-C. & CHEVALLIER H. (coord.), 2001. « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers*. MATE, MAP & MNHN, Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 339 p. & 423 p.
- BENSETTITI F., BOULLET V., CHAUAUDRET-LABORIE C. & DENIAUD J. (coord.), 2005. « *Cahiers d'habitats* » Natura2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 4 – Habitats agropastoraux*. MEDD, MAAPAR & MNHN, Éd. La Documentation française, Paris, 2 volumes : 445 p. & 487 p.
- BENSETTITI F., GAUDILLAT V. & HAURY J. (coord.), 2002. « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides*. MATE, MAP & MNHN, Éd. La Documentation française, Paris, 457 p.
- BENSETTITI F., HERARD-LOGEREAU K., VAN ES J. & BALMAIN C. (coord.), 2004. « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 5 – Habitats rocheux*. MEDD, MAAPAR & MNHN, Éd. La Documentation française, Paris, 381 p.
- BONARI G., DALLE FRATTE M., LONATI M., CACCIANIGA M., LASEN C., ARMIRAGLIO S., BARCELLA M., BUFFA G., CERABOLINI B.E.L., MAINETTI A., MISERERE L., ORIOLO G. & SELVAGGI A., 2023. Habitats Directive in northern Italy: a series of proposals for habitat definition improvement, *Plant Sociology*, **60** (1): 67–89.
- CASAVECCHIA S., ALLEGREZZA M., ANGIOLINI C., BIONDI E., BONINI F., DEL VICO E., FACIONI L., GALDENZI D., GIGANTE D., LASEN C., MARIOTTI M., PESARESI S., PIRONE G., POLDINI L., SELVI F., VENANZONI R., VICIANI D., VIDALI M. & CIASCETTI G., 2021. Proposals for improvement of Annex I of Directive 92/43/EEC: Central Italy, *Plant Sociology*, **58** (2): 99–118.
- COMMENVILLE P., 2023. France In: Tucker G. (ed.), *Nature Conservation in Europe: Approaches and Lessons*. Cambridge University Press, pp. 311-330.
- COMMISSION EUROPÉENNE, 2000. *Gérer les sites Natura 2000 : les dispositions de l'article 6 de la directive « habitats » (92/43/CEE)*, Publications Office, 2000, 47 p.
- EUROPEAN COMMISSION, 2013. *Interpretation manual of European Union habitats*. EUR 28. European Commission, DG Environment, 144 p.
- EUROPEAN COMMISSION, 2020. *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives*. European Commission, 28 p.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2025. *Natura 2000 Barometer*. On line: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/natura-2000-barometer-dashboards>, version consultée le 4 avril 2025.
- EUROPEAN UNION COUNCIL, 1992. *Directive du Conseil 92/43/CEE du 21 mai 1992 relative à la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages*. Official Journal of the European Communities, 206/7, 44 p.
- FOIS M., BAGELLA S., BACCHETTA G., CARIA M.C., COGONI D., FARRIS E., FENU G., MANCA M., PINNA M.S., PISANU S., & RIVIECCIO G., 2021. Proposals for improvement of Annex I of Directive 92/43/EEC: Sardinia, *Plant Sociology*, **58** (2): 65–76.
- GAUDILLAT V. (coord.), 2023. « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000. *Actualisation des interprétations des habitats d'intérêt communautaire. Notice générale pour les fiches génériques v2*. PatriNat (OFB-MNHN), Réseau des Conservatoires botaniques nationaux, Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, Paris, 20 p.
- HERRERO G. 2008. Configuración de la Red Natura 2000 en España. Análisis comparativo por Comunidades Autónomas, *Anales de Geografía*, **28** (2): 85-109.
- OLMEDA C. & BLANCO J.C., 2023. Spain. In: Tucker G. (ed.), *Nature Conservation in Europe: Approaches and Lessons*. Cambridge University Press, pp. 593-611.
- PERALTA J., BIURRUN I., GARCÍA-MIJANGOS I., REMÓN J.L., OLANO, J.M., LORDA M., LOIDI J. & CAMPOS J.A., 2013. *Manual de hábitats de Navarra*, Gob. Navarra, Pamplona, 576 p
- PRUD'HOMME F. & NINOT J., 2017. *Interprétation de la Directive habitats sur des écosystèmes pyrénéens emblématiques : les lacs de montagne*. Note interne Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées et Universitat de Barcelona, 8 p.
- VIGO J., CARRERAS J. & FERRE A., 2015. *Manual dels hàbitats de Catalunya*. Dep. de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 376 p.
- VV.AA., 2003. *Atlas y Manual de los Hábitats naturales y seminaturales de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 492 p.
- VV.AA., 2009. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Dir. Gral. de Medio Natural. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.



Nothobartsia spicata (Ramond) Bolliger & Molau

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

LE CATALOGUE DE LA VÉGÉTATION DE FRANCE MÉTROPOLITAINE. UN FOCUS SUR LES PYRÉNÉES

Olivier ARGAGNON^{1*}, Aurélien BELAUD², Emmanuel CATTEAU³, Gaël CAUSSE⁴, Gilles CORRIOL⁵, Aurélien CULAT⁶, Loïc DELASSUS⁷, Jérémy DUMOULIN⁸, Vincent GAUDILLAT⁹, Marie GORET¹⁰, Marc MANGEAT¹¹, Jérôme MILLET¹², Virgile NOBLE¹, David PAULIN¹³, Charles-Antoinette SOUCANYE DE LANDEVOISIN¹⁴ & Pierre LAFON²

¹Conservatoire botanique national méditerranéen, 34 avenue, Gambetta, F-83400 Hyères

²Conservatoire botanique national sud-atlantique, Domaine de Certes, 47 avenue de Certes, F-33980 Audenge

³Conservatoire botanique national de Bailleul, Hameau de Haendries, F-59270 Bailleul

⁴Conservatoire botanique national du Bassin parisien, Muséum national d'histoire naturelle, CP 53, 61 rue Buffon, F-75005 Paris

⁵Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

⁶Conservatoire botanique national du Massif central, 3 rue Adrienne de Noailles, F-43230 Chavaniac-Lafayette

⁷Conservatoire botanique national de Brest, 52 allée du Bot, F-29200 Brest

⁸Conservatoire botanique national de Corse, Office de l'environnement de la Corse, 14 avenue Jean Nicoli, F-20250 Corte

⁹PatriNat, OFB – MNHN – CNRS – IRD, Muséum national d'histoire naturelle, CP41, 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire, F-75005 Paris

¹⁰Conservatoire botanique national de Normandie, 21 Rue du Moulin au Roy, F-14000 Caen

¹¹Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés, 9 rue Jacquard, BP 61738, F-25000 Besançon

¹²Office français de la biodiversité, 12 cours Lumière, F-94300 Vincennes

¹³Conservatoire botanique national alpin, Domaine de Charance, F-05000 Gap

¹⁴Conservatoire botanique d'Alsace-Lorraine, 2 Rue du Couvent, F-67150 Erstein

*auteur correspondant : o.argagnon@cbnmed.fr

En France, de nombreux programmes nationaux utilisant la phytosociologie sigmatiste ont mis en évidence le besoin d'un référentiel syntaxonomique partagé. Le dernier ouvrage publié contenant la liste exhaustive d'unités de végétation présentes en France métropolitaine était le *Prodrome des végétations de France* (2004). Le projet se poursuit aujourd'hui jusqu'au niveau de l'association sous la forme d'une monographie par classe.

Mais à cause d'un rythme de publication peu soutenu et d'approches parfois très différentes selon les auteurs des monographies, il n'y a toujours pas de liste complète, mise à jour et consensuelle des syntaxons de France métropolitaine. Le *Catalogue de la végétation de France métropolitaine* a pour but de constituer une telle liste, avec statut de présence au niveau département pour chaque unité identifiée.

Pour ce faire, les catalogues régionaux des différents Conservatoires botaniques nationaux ont été agrégés au sein d'un synsystème dérivé des précédents travaux nationaux. La liste des unités et son architecture ont ensuite été discutées et validées collectivement. Les points méritant discussion ont été consignés sous forme de notes.

Le Catalogue est actuellement validé (chorologie départementale comprise) jusqu'au niveau alliance et sous-alliance. Il comprend 272 alliances pour les départements pyrénéens. Certaines largement répandues ailleurs (*Phragmition communis*) d'autres spécifiques aux Pyrénées (*Saxifragion mediae* ou *Festucion supinae*).

Ce travail collaboratif est seulement une première étape : un important travail de synonymie et de validation nomenclaturale reste à faire au niveau association. Des informations complémentaires sur l'écologie ou les taxons diagnostics seront également ajoutées.

Catálogo de la vegetación de Francia continental. Los Pirineos

En Francia, numerosos programas nacionales que recurren a la fitosociología sigmatista han puesto de manifiesto la necesidad de disponer de un sistema de referencia sintaxonómico común. La última obra publicada que contenía una lista exhaustiva de las unidades de vegetación presentes en Francia continental fue el *Prodrome des végétations de France* (2004). El proyecto prosigue ahora a nivel asociativo, en forma de monografía para cada clase.

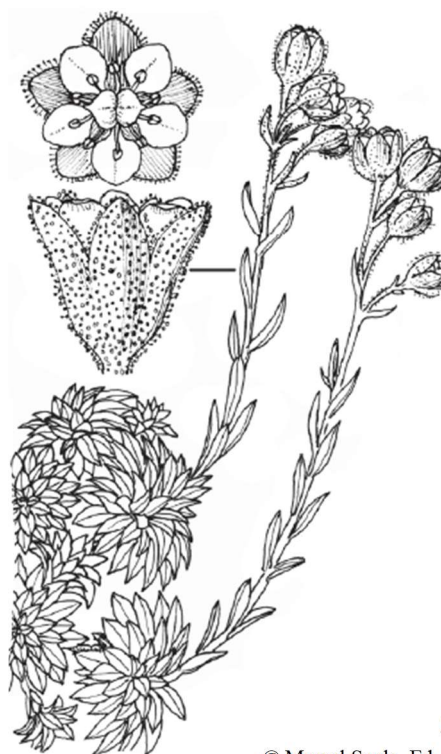
Sin embargo, debido a la lentitud de la publicación y a los enfoques a veces muy diferentes adoptados por los autores de las monografías, todavía no existe una lista completa, actualizada y

consensuada de los sintaxones de Francia metropolitana. El objetivo del *Catálogo de la vegetación de Francia metropolitana* es elaborar una lista de este tipo, con el estado de presencia a nivel departamental de cada unidad identificada.

Para ello, se han agregado los catálogos regionales de los distintos Conservatorios botánicos nacionales dentro de un sistema derivado de trabajos nacionales anteriores. A continuación, la lista de unidades y su estructura se debatieron y validaron colectivamente. Los puntos que requerían debate se registraron en forma de notas.

El catálogo ya ha sido validado (incluida la corología departamental) hasta el nivel de alianza y subalianza. Incluye 272 alianzas para los departamentos pirenaicos. Algunas están muy extendidas en otros lugares (*Phragmition communis*), mientras que otras son específicas de los Pirineos (*Saxifragion mediae* o *Festucion supinae*).

Este trabajo de colaboración no es más que la primera etapa: queda mucho por hacer en materia de sinonimia y validación nomenclatural a nivel de asociación. También se añadirá información adicional sobre ecología y especies características.



Saxifraga media Gouan

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

***ANACAMPTIS CORIOPHORA* SUBSP. *MARTINII* (TIMB.-LAGR.) JACQUET & SCAPPAT : INVENTAIRES ET SUIVIS RÉALISÉS DANS LE CADRE D'UN PLAN DE GESTION DE MESURES DE COMPENSATION (LLO, 66)**

Hélène CHEVALLIER¹, Jacques THOMAS^{1,2}, Florent LECAT³, Damien LAGARDE³

¹KAIROS, Amalvit, F-81470 Péchaudier

²Scop SAGNE, Amalvit, F-81470 Péchaudier

³ELLO, Centrale solaire de LLO, Port de Llo, RD 33, F-66800 LLO

*auteure correspondante : helen.chevallier@mac.com

Les observations de terrain sur le cortège floristique associé à l'Orchis de Martrin ainsi que les recherches sur la composition géologique et lithologique du sol nous interrogent sur les caractéristiques spécifiques et remarquables du secteur.

Corriol & Laigneau (2014) ont proposé une version remaniée de la *Clé typologique des groupements végétaux de Midi-Pyrénées et des Pyrénées françaises* et s'intéressent dans cette note aux pelouses basophiles collinéennes à montagnardes des *Festuco-Brometea*.

Les pelouses à Orchis de Martrin ne sont pas clairement rattachables à l'alliance du *Chamaespartio sagittalis-Agrostidenion tenuis* Vigo 1982, aile acidocline des *Mesobromion*, qui caractérise de nombreuses pelouses sur ce secteur, sur sols acidifiés.

Les cortèges d'espèces caractéristiques associées aux pelouses « humides, marnicoles ou à contrastes hydriques » ont retenu notre attention (Alliance *Tetragonolobo maritimi-Mesobromion erecti* Royer in Royer, Felzines, Misset & Thévenin 2006). Aucune référence n'existe cependant sur la Cerdagne. La cartographie des formations géologiques argileuses et marneuses du département apporte de précieux compléments à cette approche (Colas, 2010).

Un réseau de 20 placettes fixes permet depuis 2016 un suivi annuel avec relevés botaniques complets sur lesquels s'appuient cette analyse prospective phytosociologique. D'autres variables sont également relevées pour améliorer la compréhension des conditions stationnelles de cette population : comptage des pieds d'orchidées, mesures d'humidité du sol, capteurs d'ensoleillement, suivi des paramètres météorologiques.

Ces suivis sont en place depuis 5 ans, le bilan est en cours de finalisation avec notamment une analyse statistique des données recueillies. Nous aurons à disposition ces données à présenter en octobre.

***Anacamptis coriophora* subsp. *martinii* (Timb.-Lagr.) Jacquet & Scappat: Inventarios y seguimientos realizados en el marco de un plan de gestión de medidas de compensación (Llo, 66)**

Las observaciones de campo sobre el conjunto florístico asociado con la Orchis de Martrin, así como las investigaciones sobre la composición geológica y litológica del suelo, nos interrogan sobre las características específicas y notables del sector.

Corriol & Laigneau (2014) propusieron una versión revisada de la *Clave tipológica de los agrupamientos vegetales de Midi-Pyrénées y de los Pirineos franceses*, y en esta nota se interesan en los prados basófilos colineanos a montanos de los *Festuco-Brometea*.

Los prados con Orchis de Martrin no están claramente vinculados a la alianza del *Chamaespartio sagittalis-Agrostidenion tenuis* Vigo 1982, ala acidófila de los *Mesobromion*, que caracteriza numerosos prados en este sector, en suelos acidificados.

Los conjuntos de especies características asociadas a los prados « húmedos, marinos o con contrastes hídricos » han atraído nuestra

atención (Alianza *Tetragonolobo maritimi-Mesobromion erecti* Royer in Royer, Felzines, Misset & Thévenin 2006). Sin embargo, no existe ninguna referencia en la Cerdanya. La cartografía de las formaciones geológicas arcillosas y margosas del departamento aporta valiosos complementos a este enfoque (Colas, 2010).

Una red de 20 parcelas fijas permite desde 2016 un seguimiento anual con relevamientos botánicos completos en los que se basa este análisis prospectivo fitosociológico. También se registran otras variables para mejorar la comprensión de las condiciones estacionarias de esta población: conteo de ejemplares de orquídeas, medidas de humedad del suelo, sensores de insolación, seguimiento de parámetros meteorológicos.

Estos seguimientos están en marcha desde hace 5 años, el balance está en proceso de finalización con un análisis estadístico de los datos recogidos. Tendremos disponibles estos datos para presentar en octubre.



Anacamptis coriophora subsp. *martinii* (Timb.-Lagr.) Jacquet & Scappat.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

OPTIMISATION DE LA CLASSIFICATION SYNTAXONOMIQUE DE LA VÉGÉTATION PYRÉNÉENNE GRÂCE AUX OUTILS D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Gwendolyn PEYRE*, Raul PÉREZ* & Xavier FONT

Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Diagonal 643, E-08028 Barcelona

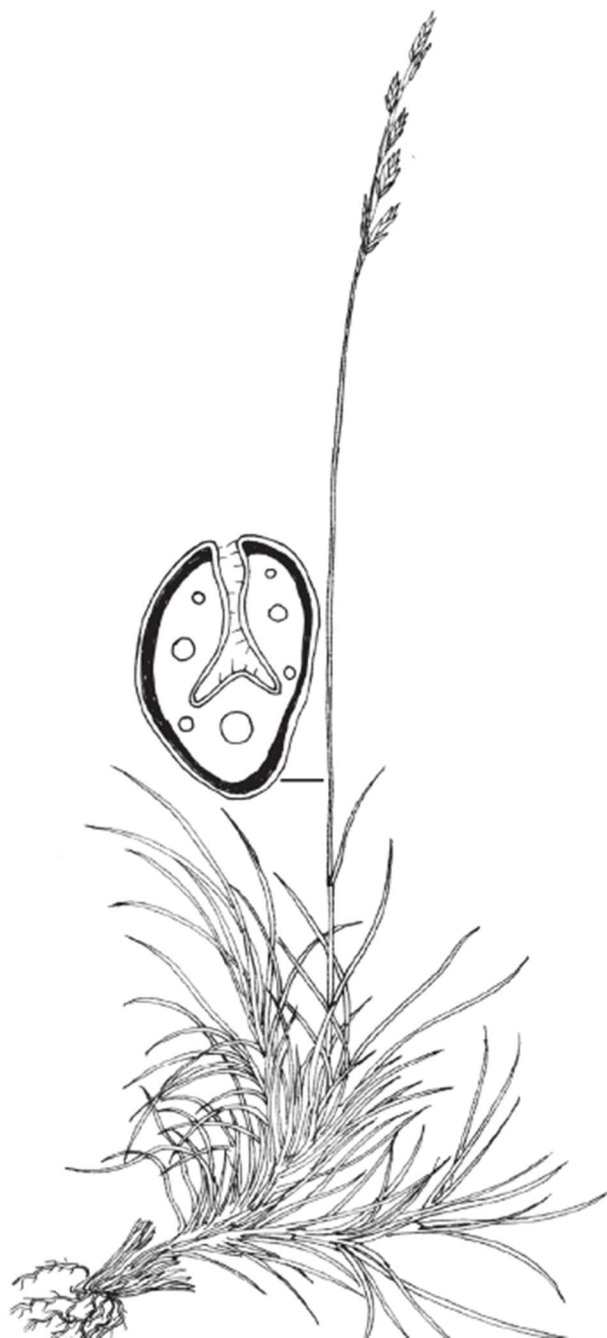
*auteurs de correspondance : lunariaster@gmail.com et raulete550@gmail.com

L'Intelligence Artificielle offre un large panorama d'outils scientifiques innovants. Nous proposons ici d'appliquer deux techniques d'Apprentissage Automatique à la classification syntaxonomique de relevés de végétation dans un cadre pyrénéen. Dans un premier temps, nous avons obtenu un jeu de données de 28.079 relevés de végétation pyrénéenne, correspondant à 200 alliances phytosociologiques, et issu de SIVIM – le Système d'Information de la Végétation Ibérique et Macaronésique. Nous avons ensuite prédit l'appartenance à une alliance phytosociologique pour ces relevés en appliquant les techniques de Réseau Neuronal Perceptron Multicouche (PM) et de Gradient Extrême Boosting (XGBoost), et en contrôlant le surajustement des modèles grâce à une optimisation bayésienne des hyperparamètres. Nous avons vérifié les résultats en comparant alliance prédite et alliance assignée par des experts botanistes au moyen d'une validation croisée k-fold. Une fois les algorithmes entraînés avec un niveau de performance acceptable (moins de 20% d'erreur), nous les avons appliqués à un nouveau jeu de données pyrénéen de 3825 relevés, également issus de SIVIM mais sans assignation d'alliance au préalable. De la même manière, nous avons prédit l'alliance de ces nouvelles données, et validé les résultats au moyen de cartes régionales telles que la Cartographie des Habitats de Catalogne (1: 50.000). Ces premiers résultats sont prometteurs et montrent le grand potentiel de l'Intelligence Artificielle en science de la végétation, que ce soit pour réviser des classifications existantes ou classifier de nouvelles données. Nos nouveaux résultats d'assignation d'alliances phytosociologiques pour les relevés de végétation pyrénéenne seront prochainement intégrés à la base de données SIVIM ainsi que sa plateforme web.

Optimización de la clasificación sintaxonómica de la vegetación pirenaica mediante herramientas de Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial ofrece una amplia gama de herramientas científicas innovadoras. Proponemos aquí aplicar dos técnicas de Aprendizaje Automático a la clasificación sintaxonómica de los muestreos de vegetación en los Pirineos. En primer lugar, obtuvimos un conjunto de datos de 28.079 muestreos de vegetación pirenaica, correspondientes a 200 alianzas fitosociológicas, a partir del SIVIM - Sistema de Información de la Vegetación Ibérica y Macaronésica. A continuación, predecimos la pertenencia a una alianza fitosociológica para estos muestreos aplicando técnicas de Redes Neuronales Perceptrón Multicapa (PM) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost), y controlando el sobreajuste del modelo mediante la optimización bayesiana de los hiperparámetros. Verificamos los resultados comparando la alianza predicha y la alianza asignada por expertos botánicos mediante validación cruzada k-fold. Una vez entrenados los algoritmos hasta alcanzar un nivel de rendimiento aceptable (menos del 20% de error), los aplicamos a un nuevo conjunto de datos pirenaicos de 3825 registros, también procedentes del SIVIM pero sin asignación previa de alianzas. Del mismo modo, predecimos la alianza de estos nuevos datos, y validamos los resultados utilizando mapas de vegetación. Estos resultados iniciales son prometedores y muestran el gran potencial de la Inteligencia Artificial en la ciencia de la vegetación, ya sea para revisar clasificaciones existentes o para clasificar nuevos datos. Nuestros nuevos resultados para la

asignación de alianzas fitosociológicas en los muestreos de vegetación pirenaica se integrarán próximamente en la base de datos del SIVIM y en su plataforma web.



Festuca gautieri (Hack.) K. Richt.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

OBSERVATOIRE PYRÉNÉEN DES TOURBIÈRES SENTINELLES : DE NOUVEAUX INDICATEURS RÉGIONAUX POUR UN SUIVI TRANSFRONTALIER DE LA RÉSILIENCE DES TOURBIÈRES DE MONTAGNE

Thirsa VAN DER VEEN¹, Laurent SERVIÈRE¹, Cécile BROUSSEAU^{1*}, Laure GANDOIS², Béatrice LAUGA²,
Gaël LE ROUX², Vincent JASSEY², Stéphane BINET³, David ELUSTONDO⁴, Esther LASHERAS⁴,
Aaron PÉREZ-HAASE⁵, Benjamin KOMAC⁶ & Clara PLADEVALL⁶

¹ANA-CEN Ariège, Maison de la Biodiversité, 8 bis Rue de Rouzaud, F-09000 Cos

²Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE UMR5300), Université de Toulouse, CNRS, IRD, Toulouse INP, Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3), Bâtiment 4R1, 118 Route de Narbonne, F-31062, Toulouse cedex 9

³Agence de l'eau Adour-Garonne, 90 rue du Feretra, F-31078 Toulouse Cedex 4

⁴Universidad de Navarra, Instituto de Biodiversidad y Medioambiente (BIOMA), Campus Universitario, E-31009 Pamplona

⁵Universitat de Barcelona, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Diagonal 643, E-08028, Barcelona

⁶Andorra Recerca + Innovació, Av Rocafort, 21-23 Edifici Molí, 3r pis, AD600 Sant Julià de Lòria, Andorra

*auteure correspondante : cecile.b@ariegenature.fr

L'ANA-CEN Ariège coordonne depuis le début de l'année 2024, la création d'un Observatoire Pyrénéen des Tourbières Sentinelles. Ce projet est une sous-tâche du programme LIFE PYRENEES4CLIMA initié pour une durée de 8 ans.

À l'échelle des Pyrénées, la vulnérabilité et la résilience des systèmes tourbeux aux effets du changement climatique sont des processus mal connus. L'Observatoire Pyrénéen des Tourbières Sentinelles fait l'hypothèse que le changement climatique et l'évolution des activités humaines (pastoralisme, développement des sports de nature, etc.) auront un impact sur la fonctionnalité des tourbières. Son objectif est de coordonner les efforts de recherche et d'observation des tourbières de montagne, sous la forme d'un réseau de suivi à l'échelle du massif pyrénéen, afin d'améliorer la connaissance de ces processus. C'est un projet innovant qui permet, pour la première fois sur un massif montagneux, de mettre en place un suivi à long terme et à haute fréquence des différents compartiments biotiques et abiotiques du fonctionnement des tourbières.

Le réseau de site propose deux niveaux de surveillance : les sites pilotes (3 à ce jour) et les sites sentinelles (6 à ce jour). Sur les sites pilotes, des indicateurs ont été sélectionnés pour décrire 4 paramètres clés de la fonctionnalité des tourbières : le cycle hydrologique, le cycle du carbone, le déséquilibre trophique et l'intégrité biologique. Cette description complète permettra de renforcer la validité des proxys qui seront utilisés sur les sites sentinelles. Les proxys pourront être mis en œuvre par des gestionnaires d'écosystèmes tourbeux afin de surveiller ces paramètres clés sur un grand nombre de sites dans les Pyrénées.

Cet observatoire s'appuie sur une mutualisation des compétences des acteurs de la recherche et de la gestion pour l'élaboration de suivis standardisés, la production de guides techniques de leur mise en œuvre et le stockage et la valorisation des données selon le principe de fairdata.

Observatorio Pirenaico de Turberas Centinela: Nuevos indicadores regionales para el seguimiento transfronterizo de la resiliencia de las turberas de montaña

Desde principios de 2024, el ANA-CEN Ariège coordina la creación de un Observatorio Pirenaico de Turberas Centinela. Este proyecto es una subtarea del programa LIFE PYRENEES4CLIMA, de 8 años de duración.

A escala de los Pirineos, la vulnerabilidad y resistencia de los sistemas de turberas a los efectos del cambio climático son procesos poco conocidos. El Observatorio Pirenaico de Turberas Centinela parte de la hipótesis de que el cambio climático y los cambios en las actividades humanas (pastoreo, desarrollo de deportes en la naturaleza, etc.) repercutirán en la funcionalidad de las turberas. Su objetivo es coordinar los esfuerzos de investigación

y observación en las turberas de montaña, en forma de una red de seguimiento que cubra el conjunto de los Pirineos, con el fin de mejorar el conocimiento de estos procesos. Se trata de un proyecto innovador que, por primera vez en un macizo montañoso, permitirá un seguimiento a largo plazo y de alta frecuencia de los distintos compartimentos bióticos y abióticos del funcionamiento de las turberas.

La red de sitios ofrece dos niveles de seguimiento: sitios piloto (3 hasta la fecha) y sitios centinela (6 hasta la fecha). En los sitios piloto, se han seleccionado indicadores para describir 4 parámetros clave de la funcionalidad de las turberas: el ciclo hidrológico, el ciclo del carbono, el desequilibrio trófico y la integridad biológica. Esta descripción completa reforzará la validez de los proxys que se utilizarán en los sitios centinela. Los proxys podrán ser utilizados por los gestores de los ecosistemas de turberas para monitorizar estos parámetros clave en un gran número de sitios de los Pirineos.



Eriophorum vaginatum L.

© Marcel Saule,

Ed. du Pin à crochets, 2018

PRÉDICTION DE L'ÉVOLUTION DE LA RÉPARTITION DES HABITATS DE LA FLORE PYRÉNÉENNE
SOUS DIFFÉRENTS SCÉNARIOS CLIMATIQUES D'ICI 2100

Noémie COLLETTE, Valérie DELORME-HINOX & Joris BERTRAND

Laboratoire Génome et Développement des Plantes (LGDP UMR5096), Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) – CNRS, 58 avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan

*auteure correspondante : noemie.collette@univ-perp.fr

Le développement de bases de données a ouvert de nouvelles perspectives pour l'étude des relations espèces-environnement dans un contexte de changement climatique. Malgré la disponibilité croissante de données environnementales, les études intégrant plusieurs espèces dans un contexte géographique spécifique restent rares. Nous proposons de combler cette lacune par le développement d'un *pipeline* de modélisation de la répartition des habitats multi-espèce à l'échelle des Pyrénées. Ce *pipeline* intègre des données relatives à la présence des espèces et des variables environnementales (bioclimatiques) pour modéliser et projeter la répartition des habitats favorables des espèces. Il permet de prédire la répartition des conditions bioclimatiques favorables des habitats de diverses espèces simultanément, jusqu'à l'horizon 2100, offrant une vision plus holistique de la biodiversité et de ses évolutions potentielles.

La modélisation des conditions bioclimatiques des habitats de 11 espèces endémiques menacées des Pyrénées (*Allium pyrenaicum* Costa & Vayr., *Androsace ciliata* DC., *Androsace pyrenaica* Lam., *Antirrhinum molle* L., *Campanula jaubertiana* Timb.-Lagr., *Cirsium glabrum* DC., *Delphinium montanum* DC., *Saxifraga aretioides* Lapeyr., *Scrophularia pyrenaica* Benth., *Silene borderei* Jord., *Xatartia scabra* Meisn.) a permis de prédire l'évolution de leurs aires de répartition à quatre périodes temporelles d'ici la fin du siècle. Ces prévisions tiennent compte de quatre scénarios socio-économiques allant du plus optimiste au plus pessimiste. Nous envisageons d'appliquer ce *pipeline* à une échelle plus large, en intégrant la liste des 2682 espèces indigènes des Pyrénées recensées dans l'*Atlas de la flore des Pyrénées*, issu du projet FLORAPYR. Cette application étendue pourrait révéler des patterns et tendances de biodiversité qui restent inaccessibles avec des études monospécifiques. En permettant une meilleure anticipation des impacts du changement climatique sur les habitats naturels, notre *pipeline* contribuera à des actions de conservation plus ciblées et efficaces, assurant ainsi la protection des écosystèmes pyrénéens. Ce *pipeline* pourrait devenir un outil standard pour orienter les stratégies de conservation face aux défis climatiques.

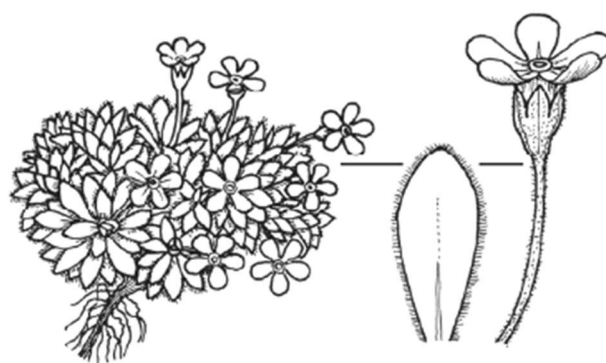
**Predicción de la evolución de la distribución
de los hábitats de la flora pirenaica
bajo diferentes escenarios climáticos hasta 2100**

El desarrollo de bases de datos ha abierto nuevas perspectivas para el estudio de las relaciones entre especies y medio ambiente en un contexto de cambio climático. A pesar de la creciente disponibilidad de datos ambientales, los estudios que integran varias especies en un contexto geográfico específico siguen siendo escasos. Proponemos llenar este vacío mediante el desarrollo de un flujo de trabajo de modelización de la distribución de los hábitats de múltiples especies a escala de los Pirineos. Este flujo de trabajo integra datos sobre la presencia de especies y variables ambientales (bioclimáticas) para modelar y proyectar la distribución de los hábitats favorables para las especies. Permite predecir la distribución de las condiciones bioclimáticas favorables para los hábitats de diversas especies simultáneamente hasta el horizonte de

2100, ofreciendo una visión más holística de la biodiversidad y su posible evolución.

La modelización de las condiciones bioclimáticas de los hábitats de 11 especies endémicas amenazadas de los Pirineos (*Allium pyrenaicum* Costa & Vayr., *Androsace ciliata* DC., *Androsace pyrenaica* Lam., *Antirrhinum molle* L., *Campanula jaubertiana* Timb.-Lagr., *Cirsium glabrum* DC., *Delphinium montanum* DC., *Saxifraga aretioides* Lapeyr., *Scrophularia pyrenaica* Benth., *Silene borderei* Jord., *Xatartia scabra* Meisn.) ha permitido predecir la evolución de sus áreas de distribución en cuatro períodos temporales hasta el final del siglo. Estas previsiones tienen en cuenta cuatro escenarios socioeconómicos, que van desde el más optimista hasta el más pesimista.

Prevemos aplicar este flujo de trabajo a una escala más amplia, integrando la lista de las 2682 especies autóctonas de los Pirineos registradas en el *Atlas de la flora de los Pirineos*, derivado del proyecto FLORAPYR. Esta aplicación ampliada podría revelar patrones y tendencias de biodiversidad que permanecen inaccesibles con estudios de una sola especie. Al permitir una mejor anticipación de los impactos del cambio climático en los hábitats naturales, nuestro flujo de trabajo contribuirá a acciones de conservación más específicas y eficaces, asegurando así la protección de los ecosistemas pirenaicos. Este flujo de trabajo podría convertirse en una herramienta estándar para orientar las estrategias de conservación frente a los desafíos climáticos.



Androsace ciliata DC.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

MODÈLES DE DISTRIBUTION D'ESPÈCES : ENJEUX, DÉFIS ET PERSPECTIVES POUR UNE CONSERVATION ÉCLAIRÉE

Noémie COLLETTE^{*1}, Julien FRAISSE^{*2}, Romain BERTRAND², Sébastien PINEL³, Valérie DELORME-HINOUX¹, Jérôme MURIENNE² & Joris A. M. BERTRAND¹

¹Laboratoire Génome et Développement des Plantes (LGDP UMR5096), Université de Perpignan Via Domitia (UPVD) – CNRS, 58 avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan, *noemie.collette@univ-perp.fr

²Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE UMR5300), Université de Toulouse – CNRS – IRD – Toulouse INP, Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3), Bâtiment 4R1, 118 Route de Narbonne, F-31062, Toulouse cedex 9, *julien.fraisse@utoulouse.fr

³Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM UMR5110), Université de Perpignan Via Domitia (UPVD), 52 avenue Paul Alduy, F-66860 Perpignan.

*Auteurs correspondants (ont contribué de manière égale à ce travail et doivent être considérés comme co-premiers auteurs).

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

Les modèles de distribution d'espèces permettent d'anticiper les impacts du changement climatique sur la répartition des espèces. Ils aident notamment à identifier les zones prioritaires pour la conservation, orientant ainsi des actions proactives pour préserver la biodiversité. Bien qu'ils présentent des limites liées aux biais de données et incertitudes climatiques, ces outils demeurent incontournables pour guider les efforts de conservation et adapter les stratégies face aux changements globaux.

Mots clefs : modèles de distribution d'espèces, changement climatique, conservation, refuges climatiques, biais, incertitudes.

Resumen: Modelos de distribución de especies: problemas, retos y perspectivas para una conservación informada

Los modelos de distribución de especies permiten anticipar los efectos del cambio climático en la distribución de las especies. En particular, ayudan a identificar las zonas prioritarias para la conservación, orientando así la acción proactiva para preservar la biodiversidad. Aunque tienen limitaciones ligadas a los sesgos de los datos y a las incertidumbres climáticas, estas herramientas siguen siendo esenciales para orientar los esfuerzos de conservación y adaptar las estrategias frente al cambio global.

Palabras clave: modelos de distribución de especies, cambio climático, conservación, refugios climáticos, sesgo, incertidumbre.

Abstract: Species distribution models: issues, challenges and outlooks for informed conservation

Species distribution models make it possible to anticipate the effects of climate change on the distribution of species. In particular, they help to identify priority areas for conservation, thereby guiding proactive actions to conserve biodiversity. Although they have limitations related to data biases and climate uncertainties, these tools remain essential for guiding conservation efforts and adaptation strategies in the face of global change.

Key words: species distribution models, climate change, conservation, climate refugia, bias, uncertainty.

Introduction

Le changement climatique en cours redéfinit l'équilibre fragile de la biodiversité et s'impose comme un défi majeur pour sa préservation et le maintien durable des activités humaines. Les massifs montagneux, qui constituent un exemple de refuges privilégiés lors des périodes de réchauffement passées, abritent une biodiversité unique (Birks & Willis, 2008). Cependant, face à l'ampleur et la rapidité inédite du changement climatique actuel, cette richesse est désormais gravement menacée (Wiens, 2016), nécessitant d'importants efforts de conservation pour de nombreuses espèces. Dans ce contexte, disposer d'informations précises sur la répartition des espèces et sur les conditions qui délimitent leurs niches écologiques constitue des atouts majeurs pour soutenir leur conservation face à des changements d'une telle ampleur. En ce sens, les modèles de distribution d'espèces, également appelés modèles de niche écologique, présentent de nombreux

avantages.

Les modèles de distribution d'espèces sont des modèles corrélatifs ou mécanistiques qui servent à décrire et prédire la distribution d'espèces (Peterson, 2011). Ces modèles relient une variable réponse (occurrence de l'espèce, *i.e.* présence/absence de l'espèce) à des variables explicatives (variables environnementales, *e.g.* température) afin de mettre en évidence les conditions environnementales les plus favorables à la présence de l'espèce étudiée. De ce fait, ils contribuent à une meilleure compréhension de l'autécologie des espèces. Ils peuvent également être projetés dans une région géographique définie en les appliquant à des données environnementales spatialisées correspondantes (projection spatiale) et/ou à une période passée ou future (projection temporelle). Ces projections prennent la forme de cartographies, qui peuvent illustrer la probabilité de présence d'une espèce ou inférer la localisation des habitats qui lui sont les plus favorables. Les projections de ces modèles dans le temps ou sur d'autres territoires ouvrent la porte à de nombreuses applications (Sillero & *al.*, 2021), notamment dans le domaine de la biologie de la conservation. Elles permettent d'anticiper les impacts des changements globaux sur la biodiversité et d'aider à élaborer des stratégies de conservation adaptées. Qu'il s'agisse de prioriser des zones de biodiversité à protéger, d'évaluer la résilience des espèces face aux changements environnementaux, ou encore d'appuyer les décisions de gestion des territoires, les modèles peuvent servir à souligner l'urgence d'une action coordonnée et proactive tout en aidant à la mise en place de mesures de conservation.

Cependant, leur interprétation soulève encore des débats parmi les gestionnaires, décideurs et autres parties prenantes. La précision et la pertinence des modèles sont souvent remises en question, notamment en raison des incertitudes associées aux données d'entrées, surtout concernant les extrapolations futures. D'autre part, la question des microrefuges, ces zones locales offrant des conditions favorables à la survie des espèces malgré des changements environnementaux globaux, cristallise les discussions. Si ces refuges sont perçus comme des atouts importants pour la conservation, leur représentativité dans le paysage doit questionner quant à leurs réels impacts sur la préservation de la biodiversité.

Face à ces interrogations, cette note vise à clarifier l'utilité et les avantages des modèles de distribution d'espèces dans un contexte de conservation, à discuter des principales critiques qui leur sont adressées, et à identifier leurs biais et limites associés afin d'en permettre une utilisation plus éclairée. Pour ce faire, les bases des modèles de distribution

d'espèces seront présentées, seront ensuite abordés les limites de ces approches, avant de discuter des raisons pour lesquelles ces modèles restent pertinents malgré leurs limitations.

Les fondations des modèles de distribution d'espèces : observations et interpolations

Les modèles de distribution d'espèces peuvent être de nature statistique ou mécanistique. Les modèles statistiques, tels que les modèles corrélatifs, s'appuient sur des données d'observation pour établir cette relation, tandis que les modèles mécanistiques se basent sur des équations fondées sur des principes biologiques ou écologiques. Seuls les modèles corrélatifs sont abordés dans ce texte, en raison de leur large utilisation dans la littérature (pour une revue sur les modèles mécanistiques, voir notamment Briscoe & al., 2023). Le processus de modélisation est détaillé en figure 1. Ces modèles appartiennent au vaste ensemble des outils de modélisation en écologie et peuvent être replacés dans un triptyque Exploration, Inférences et Prédictions (Tredennick & al., 2021). C'est à dire qu'ils permettent à la fois d'identifier les variables environnementales influençant la répartition des espèces (Dalibard & al., 2021), de tester des hypothèses écologiques sur leur niche (Bertrand & al., 2012), et de projeter leur distribution dans l'espace ou le temps (Salvado & al., 2022). Pour ce faire, les caractéristiques environnementales des zones où l'espèce a été observée sont mises en relation avec celles sans données ou sans présence. Ils généralisent ensuite les associations identifiées pour prédire la niche et la distribution de l'espèce, attribuant à un emplacement donné pour chaque combinaison de variables environnementales, sa probabilité de présence ou à quel point les conditions environnementales lui sont favorables. Ces prédictions peuvent être projetées dans l'espace et le temps. Une fois qu'un modèle est calibré avec des données d'occurrences et des données environnementales, il doit ensuite être validé sur des données indépendantes afin de contrôler ses

capacités prédictives. Les deux ensembles de données utilisées présentent cependant des biais spécifiques (figure 1) qui peuvent nuire à la généralisation des prédictions.

Les données de présence des espèces, indispensables pour modéliser leur distribution, sont souvent entachées d'erreurs liées à des biais inhérents aux méthodes de collecte, susceptibles de réduire la robustesse des prédictions. Ces biais peuvent être partiellement corrigés lorsque des processus de contrôle et validation des données sont mis en place avant leur utilisation. Dans des conditions optimales, ces données peuvent être issues de campagnes spécifiquement réalisées dans un but de modélisation, les jeux de données pouvant ainsi être construits de façon à limiter au mieux les différents biais d'échantillonnages. Par ailleurs, parmi les hypothèses de travail des modèles de distribution d'espèces, figure celle selon laquelle les données d'occurrences doivent être représentatives de l'aire géographique et des conditions environnementales favorables à l'espèce, ce qui serait le cas pour ce type d'échantillonnage. Néanmoins, les données utilisées proviennent fréquemment d'inventaires, d'atlas ou d'observations opportunistes, ce qui engendre des biais géographiques et taxonomiques. Ces données sont généralement concentrées sur des zones facilement accessibles, et leur disponibilité est souvent plus importante et de meilleure qualité pour les espèces charismatiques ou d'intérêt économique, au détriment des espèces rares ou difficiles à détecter. Les sciences participatives, en rassemblant un grand volume de données grâce aux contributions citoyennes, constituent une ressource précieuse pour élargir la couverture spatiale et taxonomique des modèles.

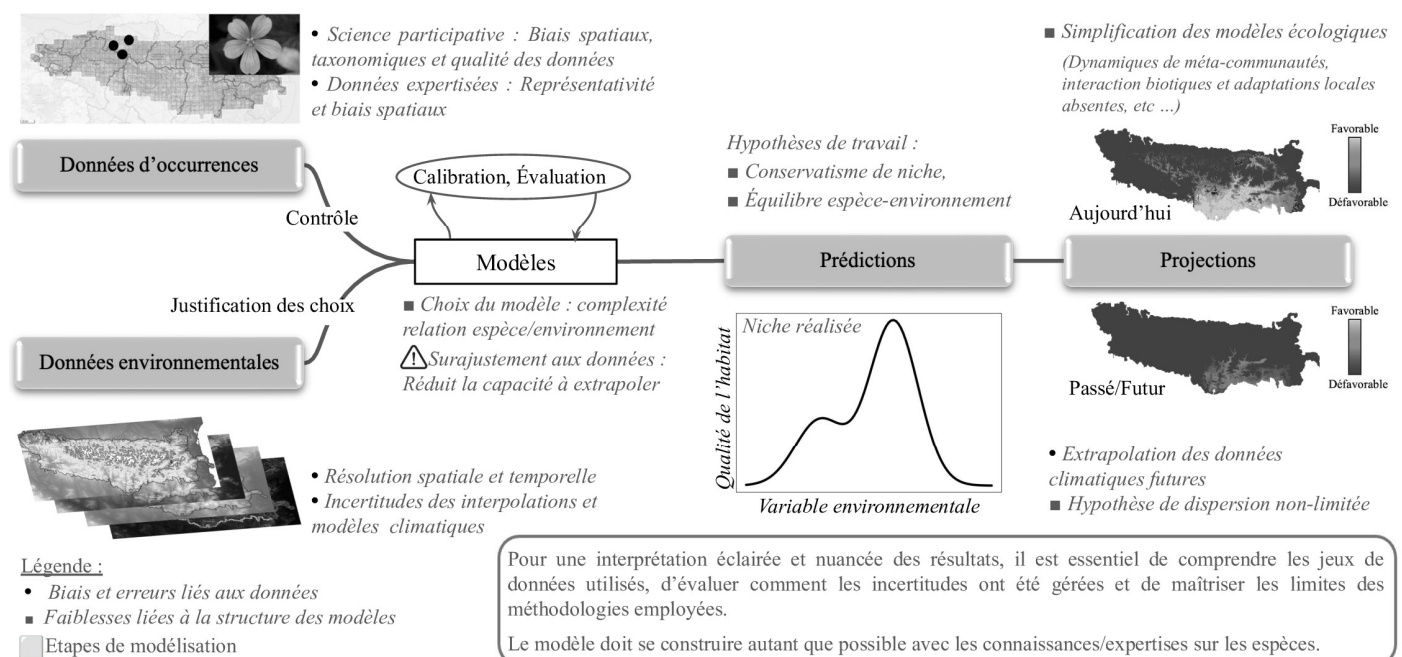


Figure 1 : Synthèse des étapes de modélisation et de prédiction de la distribution des espèces, mettant en évidence les biais et erreurs potentiels associés.

Bien que ces données puissent contenir des erreurs d'identification, leur rapport signal/erreur reste suffisamment élevé pour constituer une ressource robuste et pertinente, permettant d'élargir efficacement la couverture spatiale et taxonomique des modèles (Dickinson & *al.*, 2010). Leur utilisation requiert tout de même un contrôle de qualité rigoureux et une prise en compte de leurs biais afin d'assurer leur pertinence et fiabilité pour la modélisation. Avant de réaliser des modèles de distribution des espèces, les jeux de données sont systématiquement triés, afin d'éliminer, lorsque cela est possible, les erreurs d'identification ou les données présentant des incertitudes concernant leur précision, leur localisation ou, pour les données anciennes, la présence réelle de l'espèce aux coordonnées indiquées. Il est également recommandé de filtrer les données en tenant compte de la distance environnementale (*i.e.* différence des conditions environnementales entre deux points) et géographique pour éviter le sur-échantillonnage de certaines conditions au détriment d'autres, ainsi que pour limiter l'autocorrélation spatiale dans les données. Un déséquilibre dans l'échantillonnage peut également aboutir à des modèles négligeant une proportion parfois significative des conditions favorables pour les espèces. D'autres biais similaires peuvent être retrouvés au niveau des données environnementales, introduisant des incertitudes supplémentaires sur les sorties des modèles.

Les données environnementales sont principalement issues de capteurs satellites, de stations météorologiques, puis interpolées pour générer des rasters (grilles) accessibles dans des bases de données comme WorldClim ou CHELSA. L'interpolation permet d'estimer des valeurs dans des zones où aucune mesure n'est connue, ou d'améliorer la résolution spatiale d'une variable climatique, en s'appuyant sur le fait que les valeurs attendues à un point donné sont proches de celles des points à proximité. L'interpolation peut aussi être réalisée grâce à des modèles statistiques expliquant la variation spatiale du climat (ou plus largement l'environnement) à partir de variables d'intérêt, telles que la topographie ou la couverture nuageuse, permettant ainsi de produire des cartes à une résolution plus fine que celle des données initiales. Ces méthodes peuvent produire des données peu précises, notamment dans les régions où les données initiales sont rares ou pour lesquelles les caractéristiques topographiques sont complexes, comme les zones montagneuses. Les micro-habitats et gradients environnementaux locaux (qui correspondent aux conditions réellement expérimentées par les organismes dans leur milieu) peuvent être masqués par une résolution trop faible ou par une négligence des caractéristiques climatiques locales. Les biais temporels, souvent dus à l'utilisation de moyennes pluriannuelles, limitent également la capacité des données à refléter les fluctuations récentes ou les modifications rapides liées au changement climatique, ce qui réduit leur pertinence pour des projections, qu'elles soient actuelles ou futures. La pertinence peut également être remise en question lorsque les variables environnementales retenues ne sont pas pertinentes sur le plan biologique, en représentant des facteurs n'influençant pas réellement la distribution de l'espèce. Un modèle peut ignorer certains habitats favorables si les variables qui les caractérisent ne sont pas incluses dans les données utilisées pour sa calibration. Or, dans de nombreux cas en milieu

naturel, ces variables ne sont pas toujours bien identifiées. De même, l'utilisation des variables environnementales ne peut se faire directement car elles peuvent être fortement corrélées, un problème statistique décrit sous le nom de multicollinéarité, et qui conduit à des modèles erronés (particulièrement lorsqu'elles sont utilisées pour réaliser des prédictions au cours du temps). Les incertitudes liées aux données environnementales rejoignent celles des modèles de circulation générale (GCM) climatiques utilisés pour les projections.

Les GCM sont des outils basés sur des modèles conçus pour simuler les conditions climatiques terrestres. Des dizaines de centres de modélisation à travers le monde tentent de reproduire les interactions complexes entre l'atmosphère, les océans, la surface terrestre et la cryosphère, permettant d'étudier globalement les dynamiques climatiques. Chaque GCM repose sur des hypothèses spécifiques et des paramètres distincts, ce qui entraîne des variations significatives dans les projections climatiques. Ces divergences sont particulièrement amplifiées à des échelles locales ou régionales, où la topographie et les microclimats ne sont pas toujours bien représentés. Ces limitations peuvent conduire à des projections qui sous-estiment ou surestiment les impacts et le changement climatique. Pour minimiser ces incertitudes, il est recommandé d'utiliser une approche ensembliste (*ensemble modeling*) basée sur les prédictions de plusieurs GCM augmentant ainsi leur robustesse. Ces GCM sont simulés sous différents scénarios climatiques (*Shared Socioeconomic Pathways*), basés sur le forçage radiatif du soleil (exprimé en Watts/m²) et la modélisation des trajectoires socio-économiques possibles de l'humanité. Bien que ces scénarios décrivent divers futurs envisageables, ils demeurent incomplets en raison des incertitudes entourant les politiques environnementales et, par extension, aux émissions de gaz à effet de serre qui concernent directement le climat. Les prédictions des modèles de distribution d'espèces fondées sur ces scénarios ne permettent donc pas de représenter l'ensemble des répartitions futures possibles d'une espèce. Elle permet néanmoins d'obtenir une vision plus large face à l'incertitude liée au climat à venir.

Lors de la projection de modèles de distributions d'espèces, la transparence dans le choix des modèles et des scénarios, ainsi que l'évaluation de la sensibilité des résultats à ces choix sont également des étapes pour fournir des pistes d'interprétations plus éclairées des sorties des modèles. Néanmoins, ces pratiques restent encore insuffisamment développées. Rares sont les exercices d'intercomparaison entre modèles ou encore les rétrodictions visant à tester leurs capacités à reproduire le passé (Tsiftsis & *al.*, 2024). Ces limitations soulignent l'importance d'une validation rigoureuse des données environnementales et d'une prise en compte des biais spatiaux et temporels pour garantir des modèles fiables et robustes.

Comprendre les limites des modèles de distribution d'espèces

Les modèles de distribution d'espèces s'appuient sur plusieurs hypothèses de travail qui doivent être prises en compte lors de l'interprétation des résultats (Anderson, 2013 ; Sillero & *al.*, 2021). Premièrement, elles supposent que les espèces occupent toutes les zones offrant des conditions environnementales qui leurs sont favorables, bien que cette

occupation puisse être restreinte par des barrières de dispersion ou la capacité de dispersion de l'espèce elle-même, des interactions biotiques ou des facteurs historiques. La plupart des modèles actuels supposent une capacité de dispersion non limitée dans l'espace ainsi qu'un établissement et un maintien de l'espèce indépendants d'autres organismes dans leurs projections (absence d'interactions biotiques, *i.e.* les relations entre des organismes vivants, y compris anthropiques). Les interactions biotiques jouent pourtant un rôle clef dans la répartition des espèces sur un territoire. Par exemple, la présence d'organismes mutualistes ou facilitateurs peut favoriser l'établissement d'une espèce dans un nouvel habitat, tandis que celle d'organismes prédateurs, compétiteurs ou pathogènes peut l'en empêcher. Ces interactions biotiques, en plus d'être intégrées dans des réseaux complexes, sont dynamiques dans le temps et l'espace et sont susceptibles d'évoluer, notamment en raison de désynchronisations spatiales et temporelles induites par le changement climatique (Vitasse & *al.*, 2021). L'essentiel des pipelines actuels (*i.e.* séquence automatisée de modèles de distribution d'espèces, *e.g.* Biomod2) ne permet d'ailleurs pas l'intégration de ces facteurs dans leurs projections, ou bien choisit de ne pas les inclure. L'absence de prise en compte de ces facteurs implique que les zones favorables identifiées ne représentent pas les endroits où l'espèce est présente, mais plutôt ceux où elle pourrait persister si elle s'y trouve au moment de la prédiction ou si elle y parvient ultérieurement. Ceci peut notamment entraîner une sous-estimation des impacts du changement climatique (Dullinger & *al.*, 2012) en surestimant l'aire potentielle de distribution de l'espèce. Deuxièmement, les hypothèses de travail présument que les relations entre les variables environnementales et la répartition des espèces restent stables dans l'espace et le temps, une hypothèse parfois mise en défaut par des processus comme les adaptations locales ou la plasticité phénotypique. Par ailleurs, d'autres facteurs, tels que des événements rares comme les incendies (Iverson & *al.*, 2011) ou d'autres processus fondamentaux de l'écologie des communautés ou la dynamique des populations, tels que la sélection, les effets stochastiques, la spéciation et la dispersion (Vellend, 2010), encore rarement intégrés, pourraient également être pris en compte pour enrichir les modèles. Néanmoins, il est important de rappeler que ces modèles ont pour principal objectif de simplifier les dynamiques complexes des systèmes écologiques. Les rendre trop complexes risquerait de brouiller leur interprétation et d'en réduire l'utilité pratique. Être conscient de ces différentes limitations permet non seulement de mieux les intégrer lors de l'interprétation des modèles, mais aussi de développer des solutions adaptées pour les inclure efficacement dans les processus de modélisation. La prise en compte de la dispersion dans les projections par exemple peut se faire via l'utilisation de modèles centrés sur les processus (*process-based model* ; Bertrand & *al.*, 2012), et celle des interactions avec d'autres espèces via des modèles joints de distributions d'espèces (Kissling & *al.*, 2012).

Ces limitations des modèles de distribution d'espèces, bien qu'importantes, ne doivent pas occulter la nécessité d'explorer d'autres dimensions critiques pour la survie des espèces dans un contexte de changement climatique. En effet, ces modèles partent du postulat que les espèces sont

des entités fixes, sans prendre en compte leur capacité potentielle d'évolution. Par conséquent, les processus adaptatifs face aux nouvelles conditions environnementales sont négligés, tout comme les impacts d'une réduction drastique et prolongée des tailles de population. Pourtant, ces facteurs jouent un rôle déterminant dans la résilience et la persistance des espèces face aux environnements changeants (Dehasque & *al.*, 2024). Dans ce cadre, il est impératif d'élargir la compréhension des dynamiques écologiques et des mécanismes locaux susceptibles de soutenir leur survie. Parmi ces mécanismes, l'existence de microrefuges constitue un sujet d'intérêt croissant en conservation.

Les microrefuges désignent des zones restreintes où les conditions environnementales locales offrent un habitat favorable à la survie de certaines espèces alors que les conditions globales sont défavorables à leur établissement et à leur maintien. Grâce à ces microrefuges, certaines espèces, appelées paléo-endémiques, ont pu subsister jusqu'à aujourd'hui (*e.g.* *Ramonda myconi* (L.) Rechb., Dubreuil & *al.*, 2008). Cependant, dans le cadre actuel du changement climatique, le terme de microrefuges peut également faire référence à diverses interactions entre espèces et microclimats. Hannah & *al.* (2014) distinguent trois concepts : les "microrefuges", qui permettent à une espèce de traverser une période défavorable ; les "abris temporaires", qui permettent à des espèces ou populations de persister un certain temps avant de disparaître ; et les "tremplins", ensembles d'abris temporaires permettant aux espèces de suivre plus facilement l'évolution des conditions climatiques. Selon cette définition, les microrefuges ne seraient réalisables qu'en cas de retour à des conditions passées, permettant aux espèces qui les occupent de recoloniser une aire de distribution plus vaste. Cependant, les projections climatiques actuelles les plus probables ne prévoient pas de telles conditions (IPCC, 2023). Ainsi, les microrefuges ne doivent pas être considérés comme l'unique espoir pour la conservation d'espèces sensibles. Prendre en compte les abris temporaires et les tremplins peut faciliter le déplacement des espèces vulnérables ou offrir le temps nécessaire pour mettre en place des protocoles de conservation *ex situ*, translocations ou migration assistée (Hannah & *al.*, 2014). En pratique, bien qu'ils offrent un support prometteur pour la conservation, leur identification et leur intégration dans les stratégies de conservation sont complexes. Ces refuges sont des systèmes dynamiques, influencés par de multiples facteurs qui interagissent, rendant leur définition difficile. Leur efficacité dépend non seulement de leur localisation, mais aussi de leur stabilité à long terme, souvent mise à mal par des pressions anthropiques (Keppel & *al.*, 2024). L'isolement des populations dans ces refuges, ainsi que le nombre limité d'individus qu'ils peuvent abriter, entraîneront inévitablement une perte de diversité génétique (Dehasque & *al.*, 2024) limitant leur résilience aux changements environnementaux et compromettant leur pérennité à long terme. Intégrer les refuges climatiques dans les modèles de distribution d'espèces est également un défi, car cela requiert de représenter des variations environnementales très fines, disponibles seulement pour certains habitats ou zones. Dans ce contexte, les avancées des technologies d'imagerie offrent de nouvelles perspectives pour mieux les identifier (Zellweger & *al.*, 2019). Lorsque les microclimats sont

effectivement intégrés aux modèles, des zones aux conditions favorables malgré le réchauffement régional sont révélées, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour la persistance locale des espèces. En revanche, les modèles à faible résolution, en ignorant ces refuges climatiques, ont tendance à surestimer les extinctions locales et à amplifier l'impact perçu du changement climatique, notamment dans les régions les plus vulnérables au réchauffement (Suggitt & *al.*, 2018). Cette omission peut biaiser les résultats en minimisant les possibilités de survie locale tout en occultant l'importance des refuges climatiques pour la résilience des espèces (Lenoir & *al.*, 2017). Ainsi, l'intégration des microclimats dans les modèles ne se limite pas à une amélioration des prévisions mais permet une interprétation plus fine des impacts du changement climatique et offre des bases pour guider les décisions en matière de gestion de l'environnement.

Gestion et décisions : interprétation des modèles de distribution d'espèces

Les modèles de distribution d'espèces, bien que soumis à des biais et incertitudes, reposent sur des bases méthodologiques solides qui justifient une confiance réelle dans leurs résultats, comme illustré tout au long de cet écrit. Leur validation avec des données indépendantes garantit leur robustesse, et les approches combinant plusieurs algorithmes ou projections climatiques renforcent la fiabilité des résultats. En outre, les méthodologies utilisées sont reproductibles et systématiques, minimisant les biais. De plus, l'amélioration constante des données environnementales, ainsi que l'enrichissement progressif des données d'observation, permettent une représentation plus fine des gradients climatiques et des microclimats, renforçant la pertinence des analyses et offrant une compréhension toujours plus précise de la répartition réelle des espèces. Parallèlement, l'intégration croissante de données issues de l'imagerie aérienne et satellitaire, ainsi que le recours à des approches d'apprentissage profond (*deep-learning*), ouvrent de nouvelles perspectives pour la modélisation de la distribution des espèces mais aussi celle des communautés écologiques (Hu & *al.*, 2025). Enfin, l'interprétation des résultats doit rester prudente. Les projections doivent être comprises comme des scénarios potentiels et non comme des certitudes absolues, car elles modélisent l'aire où l'espèce pourrait potentiellement se trouver en fonction des connaissances actuelles sur sa répartition et des variables intégrées dans le modèle, sans prétendre refléter précisément sa localisation réelle. Une validation sur le terrain des prédictions, accompagnée d'une communication claire sur les limites des modèles, est essentielle pour éviter une utilisation hors contexte des résultats et permettre une prise de décision éclairée.

Les modèles de distributions d'espèces jouent déjà un rôle dans l'élaboration des stratégies de gestion et de conservation des espèces, notamment durant la phase de planification. L'étude de *Delphinium montanum* DC., la Dauphinelle des montagnes, une espèce endémique de l'est des Pyrénées, illustre cette application. Cette plante, classée vulnérable et ne persistant qu'au travers d'une dizaine de populations, est confrontée à une diminution de son aire de répartition et à un isolement génétique de ses populations. Salvado & *al.* (2022) ont utilisé des approches de modélisation de distribution d'espèces pour prédire les

impacts futurs du changement climatique sur sa distribution. Les projections ont révélé une réduction substantielle des conditions bioclimatiques adaptées pour *D. montanum* pour les scénarios climatiques futurs. Les auteurs recommandent des mesures de conservation spécifiques, et à la suite de ces conclusions, une stratégie de gestion de l'espèce a été initiée en tentant le renforcement d'une population. Ces projections futures permettent d'orienter et de prioriser les efforts de conservation, particulièrement lorsque la pérennité à court terme de l'espèce est en péril. C'est notamment le cas de *Pedicularis comosa* subsp. *asparagoides* (Lapeyr.) P.Fourn., un morphotype endémique des Pyrénées-Orientales (Salvado & *al.*, en cours de publication). Bien que cette sous-espèce soit menacée par la réduction de son habitat, le déclin du pâturage et le piétinement, le changement climatique demeure la menace principale à sa persistance. Selon les projections, les conditions climatiques qui lui sont favorables pourraient devenir totalement inadaptées dès 2040, quel que soit le scénario envisagé. Cette contraction rapide dépasse ses capacités de dispersion naturelle. Ces projections futures justifient une réévaluation urgente de son statut de protection.

En outre, les modèles de distribution ne se restreignent pas à des projections futures ; ils peuvent également être utilisés pour explorer le passé et vérifier des hypothèses formulées à partir de données génétiques. En retraçant l'histoire géographique d'une espèce, ces modèles permettent de mieux comprendre les facteurs historiques ayant influencé sa distribution actuelle et de corroborer ou de préciser les analyses génétiques (Gibert & *al.*, 2024) et peuvent aussi être intégrés explicitement dans des analyses visant à comprendre les facteurs structurant la diversité génétique d'une espèce (González-Serna & *al.*, 2019). Les projections actuelles peuvent aussi guider les efforts de prospection, en ciblant efficacement des zones propices à la découverte de populations inconnues, tout en facilitant la planification du suivi à long terme et l'élaboration des actions de préservation (Bilger & *al.*, 2021).

Conclusion

Les modèles de distribution d'espèces se positionnent comme des outils incontournables pour relever les enjeux majeurs de conservation dans un contexte de changement climatique. En mettant en lumière les conditions environnementales propices à la présence d'une espèce et en offrant des projections spatio-temporelles détaillées, ils permettent d'anticiper les transformations des milieux et de concevoir des plans de gestion adaptés et proactifs. Leur efficacité a déjà été démontrée grâce à des initiatives concrètes, qu'il s'agisse de guider des mesures de conservation ou de prioriser les zones d'action. Cependant, ces modèles ne sont pas exempts de limites. Les biais inhérents aux données d'entrée, les hypothèses simplificatrices et les incertitudes liées aux scénarios climatiques appellent à une vigilance accrue dans leur interprétation. Néanmoins, sur la base de données empiriques, ces modèles ne montrent pas de biais pessimistes systématiques mais réalisent plutôt des projections optimistes, invitant à interpréter leurs résultats avec prudence sans se focaliser sur les scénarios extrêmes (Tsiftsis & *al.*, 2024). L'intégration d'approches complémentaires, telles que l'analyse des microclimats ou des interactions écologiques, peut enrichir ces modèles et

mieux refléter la complexité des systèmes naturels. En s'appuyant sur une méthodologie rigoureuse, une validation robuste et une interprétation nuancée, ces modèles peuvent évoluer vers des outils de référence fiables pour anticiper les impacts du changement climatique. En somme, les modèles de distribution d'espèces ne se limitent pas à des projections théoriques : ils incarnent un levier stratégique pour préserver la biodiversité dans un monde en transformation rapide. Lorsqu'ils sont utilisés de manière éclairée et intégrée, ils offrent un équilibre précieux entre rigueur scientifique et utilité opérationnelle, contribuant ainsi à des stratégies de conservation visionnaires et efficaces.

Remerciements

Cette étude a été soutenue financièrement par la Région Occitanie Pyrénées-Méditerranée (Émergence 2024) et l'État-Commissariat de massif des Pyrénées (FNADT 2023) pour le co-financement du doctorat de N.C., ainsi que par la Fédération de Recherche 2043, Énergie & Environnement (UPVD/CNRS). Elle a également bénéficié du soutien technique et financier du programme Interreg-POCTEFA dans le cadre des projets FLORAPYR 3D (EFA064/01, financement doctoral de J.F.) et Floralab+ (EFA024/01). Remerciements au Conservatoire botanique national Méditerranéen et aux partenaires du projet FLORAPYR 3D pour l'organisation du XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique.

Bibliographie

ANDERSON R.P., 2013. A framework for using niche models to estimate impacts of climate change on species distributions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1297**: 8-28.

BERTRAND R., PEREZ V. & GÉGOUT J.-C., 2012. Disregarding the edaphic dimension in species distribution models leads to the omission of crucial spatial information under climate change: the case of *Quercus pubescens* in France. *Global Change Biology*, **18**: 2648-2660.

BILGER I., PAILLET Y., LAGUET S., DOUTAU B., BULLIFON F., CHEVALIER M., DEFERNEZ L. & DUCRUET S., TOURNIER H. & ARCHAUX F., 2021. Modélisation de la distribution des petites chouettes de montagne dans les Alpes du Nord françaises. *Naturae*, **13** : 167-18.

BIRKS H.J.B. & WILLIS K.J., 2008. Alpines, trees, and refugia in Europe. *Plant Ecology & Diversity*, **1**: 147-160.

BRISCOE N.J., MORRIS S.D., MATHEWSON P.D., BUCKLEY L.B., JUSUP M., LEVY O., MACLEAN I.M.D., PINCEBOURDE S., RIDDELL E.A., ROBERTS J.A., SCHOUTEN R., SEARS M.W. & KEARNEY M.R., 2023. Mechanistic forecasts of species responses to climate change: The promise of biophysical ecology. *Global Change Biology*, **29**: 1451-1470.

DALIBARD M., LAFAILLE P., SÁNCHEZ-PÉREZ J.-M., SAUVAGE S. & BUISSON L., 2021. Accounting for flow intermittence in freshwater species distribution modelling. *Ecohydrology*, **14**: e2346

DEHASQUE M., MORALES H.E., DÍEZ-DEL-MOLINO D., PEČNEROVÁ P., CHACÓN-DUQUE J.C., KANELIDOU F., MULLER H., PLOTNIKOV V., PROTOPOPOV A., TIKHONOV A., NIKOLSKIY P., DANILOV G.K., GIANNI M., SLUIS L., VAN DER HIGHAM T., HEINTZMAN P.D., OSKOLKOV N., GILBERT M.T.P., GÖTHERSTRÖM A., VALK T. VAN DER, VARTANYAN S., DALÉN L., 2024. Temporal dynamics of woolly mammoth genome erosion prior to extinction. *Cell*, **187**: 3531-3540.e13.

DICKINSON J.L., ZUCKERBERG B. & BONTER D.N., 2010. Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **41**: 149-172.

DUBREUIL M., RIBA M. & MAYOL M., 2008. Genetic structure and diversity in *Ramonda myconi* (Gesneriaceae): effects of historical

climate change on a preglacial relict species. *American Journal of Botany*, **95**: 577-587.

DULLINGER S., GATTRINGER A., THUILLER W., MOSER D., ZIMMERMANN N.E., GUISAN A., WILLNER W., PLUTZAR C., LEITNER M., MANG T., CACCIANIGA M., DIRNBÖCK T., ERTL S., FISCHER A., LENOIR J., SVENNING J.-C., PSOMAS A., SCHMATZ D.R., SILC U., VITTOZ P. & HÜLBER K., 2012. Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change*, **2**: 619-622.

GIBERT A., BUSCAIL R., BAGUETTE M., FRAÏSSE C., ROUX C., SCHATZ B. & BERTRAND J.A.M., 2024. Holocene climate change promoted allopatric divergence and disjunct geographic distribution in a bee orchid species. *Journal of Biogeography*, **12** (51): 2424-2439.

GONZALEZ-SERNA M.J., CORDERO P.J. & ORTEGO J., 2019. Spatiotemporally explicit demographic modelling supports a joint effect of historical barriers to dispersal and contemporary landscape composition on structuring genomic variation in a red-listed grasshopper. *Molecular Ecology*, **28**: 2155-2172.

HANNAH L., FLINT L., SYPHARD A.D., MORITZ M.A., BUCKLEY L.B. & MCCULLOUGH I.M., 2014. Fine-grain modeling of species' response to climate change: holdouts, stepping-stones, and microrefugia. *Trends in Ecology & Evolution*, **29**: 390-397.

HU Y., SI-MOUSSI S. & THUILLER W., 2025. Introduction to deep learning methods for multi-species predictions. *Methods in Ecology and Evolution*, **16**: 228-246.

IPCC, 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp.

IVERSON L.R., PRASAD A.M., MATTHEWS S.N. & PETERS M.P., 2011. Lessons Learned While Integrating Habitat, Dispersal, Disturbance, and Life-History Traits into Species Habitat Models Under Climate Change. *Ecosystems*, **14**: 1005-1020.

KEPPEL G., STRALBERG D., MORELLI T.L. & BÁTORI Z., 2024. Managing climate-change refugia to prevent extinctions. *Trends in Ecology & Evolution*, **39**: 800-808.

KISSLING W.D., DORMANN C.F., GROENEVELD J., HICKLER T., KÜHN I., MCINERNEY G.J., MONTOYA J.M., RÖRMERMANN C., SCHIFFERS K., SCHURR F.M., SINGER A., SVENNING J., ZIMMERMANN N.E. & O'HARA R.B., 2012. Towards novel approaches to modelling biotic interactions in multispecies assemblages at large spatial extents. *Journal of Biogeography*, **39**: 2163-2178.

LENOIR J., HATTAB T. & PIERRE G., 2017. Climatic microrefugia under anthropogenic climate change: implications for species redistribution. *Ecography*, **40**: 253-266.

PETERSON A.T. (Ed.), 2011. *Ecological niches and geographic distributions, Monographs in population biology*. Princeton University Press, Princeton, 328 p.

SALVADO P., AYMERICH BOIXADER P., PARERA J., VILA BONFILL A., MARTIN M., QUÉLENNEC C., LEWIN J.-M., DELORME-HINOX V. & BERTRAND J.A.M., 2022. Little hope for the polyploid endemic Pyrenean Larkspur (*Delphinium montanum*): Evidences from population genomics and Ecological Niche Modeling. *Ecology and Evolution*, **12**: e8711.

SALVADO P., COLLETTE N., GIBERT A., MARTIN M., QUÉLENNEC C., LEWIN J.-M., GARRIGUE J., MAGDALOU J.-A., HURSON C., SOREL D., DELORME-HINOX V. & BERTRAND J.A.M., 2024. Species distribution modelling predicts the extinction of the East- pyrenean local endemic form of *Pedicularis comosa*: *P. c. asparagoides* in a near future. *Vie et Milieu* [En cours de publication].

SILLERO N., ARENAS-CASTRO S., ENRIQUEZ-URZELAI U., VALE C.G., SOUSA-GUEDES D., MARTÍNEZ-FREIRÍA F., REAL R. & BARBOSA A.M., 2021. Want to model a species niche? A step-by-

step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological Modelling*, **456**: 109671.

TREDENNICK A.T., HOOKER G., ELLNER S.P. & ADLER P.B., 2021. A practical guide to selecting models for exploration, inference, and prediction in ecology. *Ecology*, **102** (6): e03336

TSIFTSIS S., ŠTÍPKOVÁ Z., REJMÁNEK M. & KINDLMANN P., 2024. Prediction of species distributions based only on models estimating future climate change are not reliable. *Scientific Reports*, **14**: 25778.

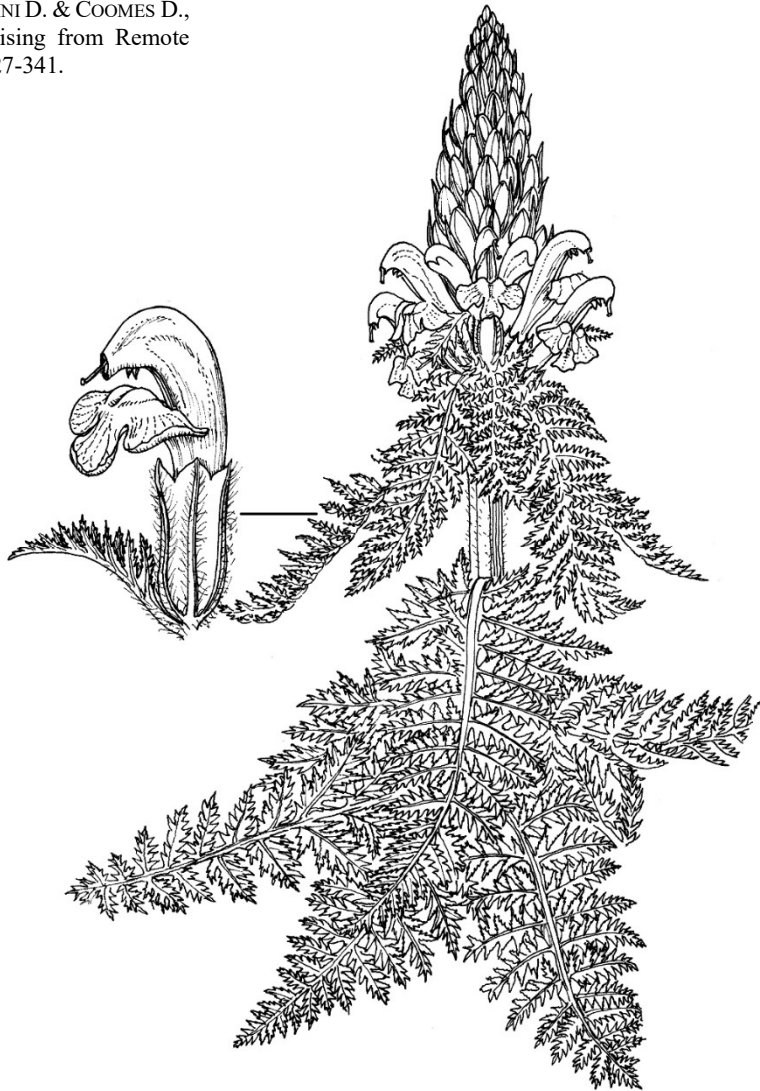
SUGGITT A.J., WILSON R.J., ISAAC N.J.B., BEALE C.M., AUFFRET A.G., AUGUST T., BENNIE J.J., CRICK H.Q.P., DUFFIELD S., FOX R., HOPKINS J.J., MACGREGOR N.A., MORECROFT M.D., WALKER K.J. & MACLEAN I.M.D., 2018. Extinction risk from climate change is reduced by microclimatic buffering. *Nature Clim Change*, **8**: 713-717.

VELLEND M., 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology*, **85**: 183-206.

VITASSE Y., URSENBACHER S., KLEIN G., BOHNENSTENGEL T., CHITTARO Y., DELESTRADE A., MONNERAT C., REBETEZ M., RIXEN C., STREBEL N., SCHMIDT B.R., WIPF S., WOHLGEMUTH T., YOCOZO N.G. & LENOIR J., 2021. Phenological and elevational shifts of plants, animals and fungi under climate change in the European Alps. *Biological Reviews*, **96**: 1816-1835.

WIENS J.J., 2016. Climate-Related Local Extinctions Are Already Widespread among Plant and Animal Species. *PLOS Biology*, **14**: e2001104.

ZELLWEGER F., DE FRENNE P., LENOIR J., ROCCHINI D. & COOMES D., 2019. Advances in Microclimate Ecology Arising from Remote Sensing. *Trends in Ecology & Evolution*, **34**: 327-341.



Pedicularis comosa subsp. *asparagoides* (Lapeyr.) P.Fourn.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

REDUCCIÓN PROGRESIVA DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE NEVERO EN LOS PIRINEOS

Estela ILLA BACHS^{1,2*}, Oriol LLUCH OMS¹ & Empar CARRILLO ORTUÑO^{1,2}

¹Universitat de Barcelona, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Secció de Botànica i Micologia, Diagonal 643, E-08028, Barcelona

²IRBio, Institut de Recerca de la Biodiversitat, Universitat de Barcelona, Diagonal, 643, E-08028 Barcelona

*autor de correspondencia: estelailla@ub.edu

La vegetación de neveros es aquella que se encuentra en las zonas más largamente innivadas de las altas montañas, ocupando superficies reducidas y fragmentadas donde en pocos metros se da un acusado el gradiente ambiental de la duración de la cubierta de nieve. El corto período vegetativo es limitante para la mayoría de las especies alpinas, y sólo un conjunto especializado de especies ocupa las zonas de nevero. En el contexto actual de cambio climático, en que el aumento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones conllevan una fusión más temprana de la nieve y, por tanto, un incremento del período vegetativo, los neveros dejan de ser ambientes limitantes para buena parte de la flora alpina y pueden verse colonizados por especies generalistas de los pastos alpinos circundantes, más competitivas que las especialistas.

En este contexto, y para estudiar el efecto del cambio climático a largo plazo sobre la vegetación de nevero, durante los años 2003-2005 establecimos diversos transectos permanentes siguiendo el gradiente de fusión de la nieve en distintas localidades del Pirineo central catalán y andorrano. A intervalos regulares a lo largo de los transectos, anotamos todas las especies presentes en muestras de 50x10 cm así como sus abundancias, y clasificamos las muestras en diferentes grupos de vegetación en base a su composición florística mediante el algoritmo de agrupación no jerárquica *fuzzy-c-means*. Los períodos 2013-2015 y 2023-2024 revisitamos las mismas localidades y repetimos los muestreos con la misma metodología en fechas similares.

Nuestros resultados muestran un ligero desplazamiento de los grupos de vegetación hacia el extremo más nivoso, lo que conlleva una reducción del área ocupada por vegetación de nevero. Observamos una respuesta variable en la frecuencia de aparición de las especies especialistas: por un lado, hay especies que ven reducida su área de distribución a lo largo del transecto (*Cerastium cerastoides*, *Gnaphalium supinum*), mientras que otras parecen aumentar su frecuencia de aparición debido a su desplazamiento hacia las zonas más nivosas del gradiente (*Sibbaldia procumbens*, *Veronica alpina*). En cambio, las especies generalistas de pastos alpinos, y en especial aquellas más competitivas (*Nardus stricta*, *Festuca eskia*, *Trifolium alpinum*...), muestran un incremento generalizado de su área de ocupación a lo largo del gradiente.

Este importante incremento de especies de pasto alpino con elevada capacidad competitiva dentro de los ambientes de nevero en sólo dos décadas evidencia la fragilidad de estos ambientes en los Pirineos, que en un futuro próximo y en el contexto actual de cambio climático probablemente van a ver muy menguada su área de ocupación.

Réduction progressive de l'aire de distribution des espèces des combes à neige dans les Pyrénées

La végétation des combes à neige se trouve aux endroits les plus fortement enneigés des hautes montagnes, occupant des aires réduites et fragmentées dans le paysage, où en distances très

courtes il y a un très fort gradient environnemental lié à la durée de l'enneigement. La brièveté de la période de végétation est un facteur limitant pour la plupart des espèces alpines, et seul un groupe d'espèces spécialisées occupe les zones les plus enneigées. Dans le contexte actuel de changement climatique, où l'augmentation des températures et la diminution des précipitations entraînent une fonte des neiges plus précoce et donc une augmentation de la période de végétation, les combes à neige deviennent moins limitantes pour une partie de la flore alpine, et peuvent être donc colonisées par des espèces généralistes et plus compétitives des pelouses alpines voisines.

Dans ce contexte, et afin d'étudier l'effet à long terme du changement climatique sur la végétation des combes à neige, les années 2003-2005 nous avons établi plusieurs transects permanents en suivant le gradient de fonte des neiges dans différentes localités des Pyrénées centrales catalanes et andorranes. À intervalles réguliers le long des transects, nous avons enregistré toutes les espèces présentes dans un échantillon de 50x10 cm ainsi que leur abondance, et nous avons établi les groupes de végétation présents dans chaque transect en regroupant les échantillons selon leur similitude floristique avec l'algorithme de regroupement non-hierarchique *fuzzy-c-means*. Au cours des périodes 2013-2015 et 2023-2024, nous avons revisité les mêmes localités et répété l'échantillonnage avec la même méthodologie.

Nos résultats montrent un léger déplacement des groupes de végétation vers l'extrémité la plus enneigée des transects, entraînant une réduction de la zone occupée par la végétation des combes à neige. Les espèces spécialisées montrent des réponses variables concernant leur fréquence d'occurrence le long des transects : d'une part, certaines ont réduit leur aire de distribution (*Cerastium cerastoides*, *Gnaphalium supinum*), tandis que d'autres semblent augmenter leur fréquence d'occurrence en raison de leur déplacement vers les zones plus enneigées du gradient (*Sibbaldia procumbens*, *Veronica alpina*). D'autre part, les espèces généralistes des pelouses alpines, et surtout celles plus compétitives (*Nardus stricta*, *Festuca eskia*, *Trifolium alpinum*...), montrent une augmentation généralisée de leur aire d'occupation le long du gradient.

Cette augmentation significative des espèces de pelouses alpines à forte capacité compétitive au sein des milieux enneigés en seulement deux décennies témoigne de la fragilité de ces milieux dans les Pyrénées, qui dans un futur proche et dans le contexte actuel de changement climatique verront probablement leur aire d'occupation fortement réduite.



Cerastium cerastoides (L.) Britton

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

ÉTUDE DE LA COLONISATION DES VÉGÉTATIONS DES MARGES PROGLACIAIRES DES PYRÉNÉES DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Ludovic OLICARD¹, Nadine SAUTER¹, Fabien ANTHELME², Pierre RENÉ³, Estela ILLA BACHS⁴ & Pablo TEREJO⁵¹Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex²UMR AMAP - Botanique et modélisation de l'architecture des plantes et des végétations, CIRAD, bd de la Lironde, F-34398 Montpellier Cedex 5³Association MORAINÉ, Village, F-31110 Cathervielle⁴Universitat de Barcelona, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Secció de Botànica i Micologia, Diagonal 643, E-08028, Barcelona⁵Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avenida Nuestra señora de la Victoria 16, E-22700 Jaca (Huesca)

*auteur correspondant : ludovic.olicard@cbnmpm.fr

Les effets du changement climatique entraînent, notamment, un retrait des glaciers pyrénéens depuis la fin du Petit âge glaciaire (1850), offrant de nouvelles surfaces, vierges de toute végétation – les marges proglaciaires – a priori colonisables par la végétation. Ces nouvelles niches écologiques, sont de potentiels refuges à des espèces et des végétations alpines. Nous faisons l'hypothèse que la rapidité du réchauffement climatique va conduire à la formation de nouveaux écosystèmes alpins sur ces marges, constitués de plantes à la fois résistantes aux contraintes environnementales des zones alpines et capables de coloniser rapidement de nouveaux terrains.

Un protocole d'étude de la végétation des marges proglaciaires mis en place dans les Andes par L'UMR AMAP, et adapté aux Alpes par le Conservatoire botanique national alpin et ses partenaires (CREA Mont-Blanc, Parc national des Écrins, thèse Université du Texas Anaïs Zimmer) est déployé dans les Pyrénées, françaises et espagnoles dans le cadre du programme FLORAPYR3D.

La datation des retraits glaciaires successifs depuis 150 ans grâce aux données fournies par les glaciologues de l'association Moraine (chronoséquences post-glaciaires) permet d'estimer avec précision la dynamique de colonisation des espèces, à travers des indices de couverture végétale, de diversité taxonomique et de stratégies (types biologiques, modes de dispersion, traits fonctionnels, associations entre organismes).

En complément de l'étude et l'analyse de la flore vasculaire, une approche exploratoire sur d'autres groupes taxonomiques est développée en bryologie, mycologie et en lichénologie.

Sur l'ensemble de la chaîne pyrénéenne, six sites accessibles ont été retenus : quatre en France, deux en Espagne. Cette sélection est représentative des marges proglaciaires pyrénéennes en termes de substrat géologique, de dynamiques et forme de retrait, et de topographie.

Pour chacun des sites, des chronoséquences ont été définies à partir des données croisées issues d'empreintes géomorphologiques de terrain (moraines, polis), de documents historiques (photos, cartes et documents divers), ainsi que de photos aériennes.

Les données de végétation (composition, couverture végétale, traits fonctionnels) sont collectées sur des placettes de 4 m² (2x2 mètres) distribuées de façon aléatoire sur chaque chronoséquence, à raison de 10 placettes par bande. Elles seront complétées par des données abiotiques (ex. topographie, granulométrie, température à l'aide d'enregistreurs automatiques sur un an) et biotiques (recensement de la croûte biologique, potentiellement facilitatrice pour les espèces vasculaires). Ces inventaires seront complétés par un vol de drone pour la prise d'images multispectrales qui permettront d'estimer la production de biomasse végétale à travers l'indice NDVI.

L'information issue de ce projet permettra de mieux connaître les différents points de vue, le processus de colonisation végétale dans des environnements à fortes contraintes abiotiques dans les milieux de haute montagne.

Estudio de la colonización de la vegetación de los márgenes proglaciares de los Pirineos en un contexto de cambio climático

Los efectos del cambio climático han provocado, en particular, el retroceso de los glaciares pirenaicos desde el final de la Pequeña Edad de Hielo (1850), abriendo nuevas zonas desprovistas de vegetación –los márgenes proglaciares– que a priori pueden ser colonizadas por la vegetación. Estos nuevos nichos ecológicos constituyen refugios potenciales para las especies y la vegetación alpinas. Nuestra hipótesis es que la rapidez del calentamiento global conducirá a la formación de nuevos ecosistemas alpinos en estos márgenes, compuestos por plantas resistentes a las limitaciones ambientales de las zonas alpinas y capaces de colonizar rápidamente nuevos terrenos.

Un protocolo de estudio de la vegetación de los márgenes proglaciares establecido en los Andes por la UMR AMAP y adaptado a los Alpes por *Conservatoire botanique national alpin* y sus socios (*CREA Mont-Blanc, Parc national des Écrins*, tesis Anaïs Zimmer de la Universidad de Texas) se está aplicando en los Pirineos franceses y españoles en el marco del programa FLORAPYR3D.

La datación de los retrocesos glaciares sucesivos de los últimos 150 años, a partir de los datos proporcionados por los glaciólogos de la Asociación *Moraine* (cronosecuencias postglaciares), permite estimar con precisión la dinámica de colonización de las especies, mediante índices de cobertura vegetal, de diversidad taxonómica y de estrategias (tipos biológicos, modos de dispersión, rasgos funcionales, asociaciones entre organismos).

Además del estudio y análisis de la flora vascular, se está desarrollando un enfoque exploratorio de otros grupos taxonómicos en briología, micología y liquenología.

Se han seleccionado seis lugares accesibles en los Pirineos: cuatro en Francia y dos en España. Esta selección es representativa de los márgenes proglaciares pirenaicos en términos de sustrato geológico, dinámica y forma de retroceso, y topografía.

Para cada uno de los sitios, se han definido cronosecuencias a partir de datos cruzados procedentes de huellas geomorfológicas de campo (morrenas, pulimentos), documentos históricos (fotos, mapas y documentos diversos) y fotos aéreas.

Los datos de vegetación (composición, cubierta vegetal, rasgos funcionales) se recogen en parcelas de 4 m² (2x2 metros) distribuidas aleatoriamente en cada cronosecuencia, con 10 parcelas por franja. Se completarán con datos abióticos (por ejemplo, topografía, granulometría, temperatura mediante registradores automáticos durante un año) y bióticos (inventario de la costra biológica del suelo, potencialmente facilitadora de especies vasculares). Estos inventarios se completarán con un vuelo de dron para tomar imágenes multispectrales que permitirán estimar la producción de biomasa vegetal mediante el índice NDVI.

La información obtenida en este proyecto permitirá comprender mejor los diferentes puntos de vista y el proceso de colonización vegetal en ambientes con fuertes limitaciones abióticas en alta montaña.

ESTUDIO DEL CAMBIO EN LA VEGETACIÓN EN PUEBLOS CON DIFERENTE TRAYECTORIA EN SU CENSO POBLACIONAL EN DOS ZONAS DE MONTAÑA DEL PIRINEO EN EL MARCO DEL PROYECTO RENURSE

Pablo TEJERO^{1*}, Alba LÓPEZ², David CENALMOR², Andrea RUBIO³, Hugo SAEZ³, María FELIPE⁴, Miguel SEVILLA⁵, Raquel CHARTE³, David MORET⁶, Álvaro BERZOSA⁷, Juan José JIMÉNEZ³ Y Sara PALACIO^{3*}

¹ Herbario JACA, Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avenida Nuestra señora de la Victoria 16, E-22700 Jaca (Huesca)

² Área de Botánica, Universidad de Salamanca, Campus Miguel de Unamuno, C. Donantes de Sangre, s/n, E-37007 Salamanca

³ Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avenida Nuestra señora de la Victoria 16, E-22700 Jaca (Huesca)

⁴ Escuela Politécnica Superior, Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA), Universidad de Zaragoza, Calle de Cuarte, s/n, E-22071 Huesca

⁵ Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Avenida Montañana, 1005, E-50059 Zaragoza

⁶ Estación Experimental Aula DEI-CSIC, Avenida Montañana, 1005, E-50059 Zaragoza

⁷ A Redolada – Educación ambiental y apicultura en el pirineo, Calle San Andrés s/n, E-22623 Artosilla (Huesca)

*autores de correspondencia: ptibarra@ipe.csic.es y s.palacio@ipe.csic.es

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Resumen

La despoblación es un problema socioeconómico que afecta al Pirineo. Desde el proyecto RENURSE se busca caracterizar el impacto de distintos modelos de gestión sobre la prestación de servicios ecosistémicos analizando las diferencias entre tres tipos de núcleos rurales: despoblados, habitados y restaurados. En este trabajo presentamos el estudio florístico realizado en el área urbana y los bosques de 6 municipios, 3 en Navarra y 3 en Huesca, para poder comparar entre tratamientos (tipos de núcleos).

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, flora, despoblación, Pirineo.

Résumé : Étude du changement de la végétation dans des villages ayant des trajectoires de recensement de population différentes dans deux zones de montagne des Pyrénées dans le cadre du projet RENURSE

Le dépeuplement est un problème socio-économique qui affecte les Pyrénées. Le projet RENURSE vise à caractériser l'impact de différents modèles de gestion sur la fourniture de services écosystémiques en analysant les différences entre trois types de zones rurales : dépeuplées, habitées et ré-habitées. Dans ce travail, nous présentons l'étude floristique réalisée dans la zone urbaine et les forêts de 6 municipalités, 3 en Navarre et 3 à Huesca, afin de comparer les traitements (types de noyaux).

Mots-clés : Services écosystémiques, flora, dépeuplement, Pyrénées.

Summary: Study of changes in vegetation in villages with different population census trajectories in two mountain areas of the Pyrenees within the framework of the RENURSE project

Depopulation is a socioeconomic problem affecting the Pyrenees. The RENURSE project seeks to characterize the impact of different management models on the provision of ecosystem services by analyzing the differences between three types of rural villages: depopulated, inhabited and re-inhabited. In this work we present the floristic study carried out in the urban area and forests of 6 municipalities, 3 in Navarra and 3 in Huesca, in order to compare between treatments (types of villages).

Keywords: Ecosystem services, flora, depopulation, Pyrenees.

Introducción

Diferentes civilizaciones han poblado el área mediterránea desde hace varios milenios, ejerciendo cambios importantes sobre el territorio para su uso y aprovechamiento en múltiples facetas (asentamientos, redes de transporte, minería, ganadería, agricultura, etc.) (Ruiz & Sanz-Sánchez, 2020). Hoy en día el paisaje mediterráneo no se entiende sin estos usos, incluidas las zonas rurales poco industrializadas donde la actividad económica predominante durante siglos ha sido la ganadería extensiva y la agricultura de subsistencia (Adler & al., 2006). Sin embargo, desde mediados del siglo XX diferentes factores socioeconómicos se han traducido en un importante fenómeno de éxodo rural en la Península Ibérica (Pinilla & Sáez, 2017 y 2021). La

mayoría de las zonas rurales de las provincias interiores de España que no tienen una gran ciudad como capital (Teruel, Huesca, Guadalajara, Cuenca, Soria...) han sufrido un descenso importante y paulatino de población en sus núcleos rurales, llegando al abandono y despoblación en centenares de casos. El efecto de esta despoblación sobre el paisaje natural es importante y ha sido estudiado durante los últimos años, destacando sobre todo el incremento de la masa boscosa, ya sea de manera natural por falta de explotación humana, o por políticas activas de reforestación (Peñuelas & al., 2017; Delgado-Artés & al., 2022). Estas modificaciones suponen grandes alteraciones ecosistémicas, por eso, el cambio en los usos del suelo se considera uno de los grandes retos globales (Ojima & al., 1994; Foley & al., 2005). Por ejemplo, el aumento de los bosques implica un mayor secuestro de carbono en forma de madera, lo cual a corto y medio plazo puede disminuir el CO₂ atmosférico y, por tanto, ayudar a mitigar el calentamiento global. Al mismo tiempo, la ausencia de pastoreo o grandes herbívoros, supone que los bosques sufran pocas perturbaciones y las formaciones más abiertas como pastizales se ven claramente en retroceso, con la consiguiente pérdida de biodiversidad que puede suponer. En definitiva, todos estos cambios mantenidos en el tiempo sobre vastas extensiones del territorio requieren de estudios científicos profundos y multidisciplinarios para describir y comprender los cambios ecosistémicos que en ellos se están produciendo.

Desde un punto de vista socioeconómico, todo este proceso de despoblación rural ha ido acompañado de movimientos e iniciativas para recuperar y re-habitar de diferentes maneras algunos de estos núcleos (Díaz-Gutiérrez, 2021; Palacio, 2021). La falta de iniciativas desde las administraciones públicas para priorizar políticas que fijen población en entornos rurales o permitan la recuperación de núcleos previamente despoblados, compromete el éxito de las diferentes iniciativas mencionadas. Sin embargo, existen diferentes ejemplos salpicados por el territorio donde pueblos previamente despoblados han sido recuperados y vueltos a habitar de manera estable durante décadas, recuperando sistemas productivos y de explotación del territorio tradicional en combinación con propuestas más novedosas en algunos casos.

En este contexto surge el proyecto RENURSE (<https://restauracionecologica.csic.es/renurse/>), que aborda desde una aproximación multidisciplinar la provisión de servicios ecosistémicos en entornos rurales restaurados (i.e. re-habitados). Para ello se han identificado 3 territorios

(Navarra, Huesca y Guadalajara) donde se ha trabajado en tres tipos de núcleos diferentes en cada uno de ellos: pueblos siempre habitados, pueblos despoblados a mediados del siglo XX y pueblos vueltos a habitar de manera estable alguna década después de su despoblación. Para la valoración de los servicios ecosistémicos en cada núcleo, se ha estimado el secuestro de carbono, se ha estudiado el cambio en las teselas de vegetación comparando fotos aéreas de épocas diferentes, se han valorado los usos del territorio y la percepción de su valor por los habitantes, se han estudiado las propiedades del suelo y el ciclo del agua y se ha abordado la descripción de la biodiversidad a nivel de microorganismos del suelo, aves y plantas vasculares.

En este trabajo se presentan los avances en la caracterización de la diversidad vegetal en los núcleos de Huesca y Navarra. Por un lado, se ha inventariado la diversidad existente en los propios núcleos urbanos (ámbito de las construcciones), y por otro, la diversidad en los bosques del territorio, comparando los bosques autóctonos con las reforestaciones; todo ello analizado en el contexto estratificado del proyecto y atendiendo a las tres categorías de núcleo (siempre habitados, restaurados, despoblados).

Metodología

Elección de los núcleos y ambientes estudiados

La diversidad de plantas vasculares en los núcleos seleccionados atiende a varios factores. El primero es la localización biogeográfica y la altitud, por lo que dentro de cada provincia se identificaron núcleos cercanos y con litología comparable, para trabajar en condiciones ambientales similares. El segundo factor es el uso del territorio, que se presume estrechamente condicionado por la historia de abandono del núcleo. Entre todos los hábitats que se han podido ver alterados por el cambio del uso del territorio se han priorizado dos que, previsiblemente, han sufrido cambios importantes: Los núcleos urbanos propiamente dichos y las formaciones con arbolado. Otros ambientes importantes como los matorrales o los pastos han experimentado cambios en extensión que se pueden cuantificar mediante foto aérea. Los cambios en composición se espera que mayoritariamente reflejen la sucesión ecológica tras la pérdida o disminución de la perturbación ejercida por la presencia humana y el pastoreo, aspectos bien conocidos en la literatura (e.g. Delgado-Artés & al., 2022).

Los núcleos urbanos en sí mismos son los que más directa y rápidamente sufren alteraciones en su diversidad con el abandono o posterior rehabilitación, ya que la acción de los pobladores o su ausencia se nota de forma más inminente en ellos. Por eso resulta de especial interés estudiarlos y evaluar las diferencias entre las tres categorías del estudio.

El ámbito prepirenaico que nos ocupa ha sufrido tradicionalmente una intensa explotación ganadera extensiva y las masas de bosque autóctono han sido limitadas. Sin embargo, coincidiendo con la despoblación rural y las políticas de construcciones de pantanos, el territorio sufrió una reforestación generalizada, principalmente con especies de pino (con dominancia de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco en esta zona). Por eso, resulta de máximo interés comparar de manera cruzada la diversidad vegetal de los bosques autóctonos y reforestaciones en el contexto estratificado del proyecto.

A continuación, se describen los 6 núcleos estudiados mostrados en la figura 1.

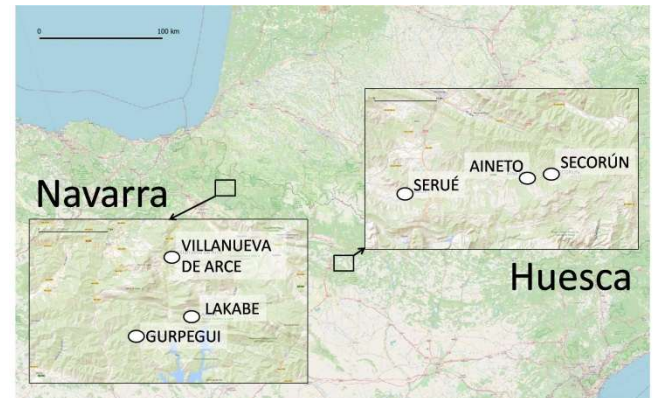


Figura 1: Localidades de muestreo en Navarra y Huesca.

En Huesca las localidades consideradas se localizan en el valle del río Guarga y del río Matriz, en la Comarca del Alto Gállego. Aineto, deshabitado en los años 70 pero cuya restauración y repoblación comenzó en 1984; Secorún, completamente deshabitado desde los años 50; y Serué, poblado desde hace varios siglos.

En Navarra las localidades son concejos del municipio de Arce-Artzibar, en la merindad de Sangüesa. Lacabe (Lakabe), despoblado en los años 60 que posteriormente vuelve a estar habitado desde los años 80; Gurpegui (Gurpegi) que se despobló en los años 60, y Villanueva de Arce (Artziko Hiriberri), siempre habitada.

Inventarios de vegetación

Núcleos urbanos: En cada núcleo urbano se completó un inventario general de especies para estimar la riqueza total. Además, se realizaron inventarios en tres parcelas de 2 x 2 metros, intentando maximizar las diferencias en composición florística, pero manteniendo un número de réplicas mínimo para poder realizar test estadísticos elementales. En estas parcelas se estimó la abundancia de las especies en porcentaje.

Formaciones con arbolado: ante la imposibilidad de elaborar un inventario completo de la riqueza de especies en el conjunto de las formaciones forestales de cada núcleo, se eligieron para cada tipo de formación (bosque autóctono y pinar de repoblación) y municipio tres masas separadas en el espacio en las que se realizaron inventarios florísticos en parcelas de 400 m² (siempre que fue posible, de 20 x 20 metros). En ellas se registraron las especies presentes y se estimó su porcentaje de cobertura. También se estimó el porcentaje total de recubrimiento vegetal de la parcela separando el estrato arbóreo-arbustivo (por encima de medio metro) y el herbáceo-arbustivo (por debajo de medio metro), con el objetivo de capturar la estructura del dosel vegetal. Para avanzar hacia un inventario completo, se completó el listado de especies de cada parcela con plantas encontradas fuera de la parcela, pero dentro de la misma mancha forestal estudiada (e.g. recorriendo bandas de 10-100 m a cada lado de los lados de la parcela).

Análisis estadísticos y representación gráfica

Se elaboraron 18 listados completos de especies, uno para cada ambiente y núcleo, que se representan mediante un diagrama de barras. Utilizando los datos de las tres parcelas muestreadas en cada ambiente se realizaron estimas de la riqueza, Índice de Shannon (Shannon & Weaver, 1949) y

Equitatividad de Pielou (Pielou, 1980). Estas estimas sirvieron para testar diferencias en diversidad entre los tratamientos (tipos de pueblo) comparando los intervalos de confianza al 95%, dadas las pocas repeticiones para hacer ANOVAs de manera robusta. La composición florística se estudió mediante NMDS, reduciendo el espacio multidimensional de las especies a dos ejes. Todos los análisis y la representación gráfica se realizaron en R studio (RStudio Team, 2024).

Resultados

Los inventarios completos de las zonas urbanas han proporcionado en general riquezas más altas que en los bosques. La única excepción es el núcleo repoblado de Navarra (Lakabe), enclave en el que tanto la riqueza de las zonas urbanas como la de los bosques fue alta (figura 2). Los núcleos restaurados presentan un elevado número de plantas registradas, destacando Lakabe por presentar una diferencia marcada con los otros pueblos estudiados en Navarra (220 especies en Lakabe frente a 118 y 101 en Gurpegui y Villanueva de Arce respectivamente).

La figura 2 muestra que tanto en Huesca como en Navarra la riqueza de especies en los bosques autóctonos es menor que la encontrada en los pinares de reforestación de las localidades restauradas. La tendencia parece ser la opuesta en los núcleos habitados, aunque en Navarra no se encontraron repoblaciones de pinar en la localidad habitada

de Villanueva de Arce. Los núcleos despoblados se comportan de manera diferente en Huesca que en Navarra para esta comparación.

Mediante el análisis de las tres parcelas dentro de cada núcleo y ambiente se estimaron otros componentes de la diversidad además de la Riqueza, como son el Índice de Shannon y la equitatividad mediante el Índice de Pielou (tabla 1).

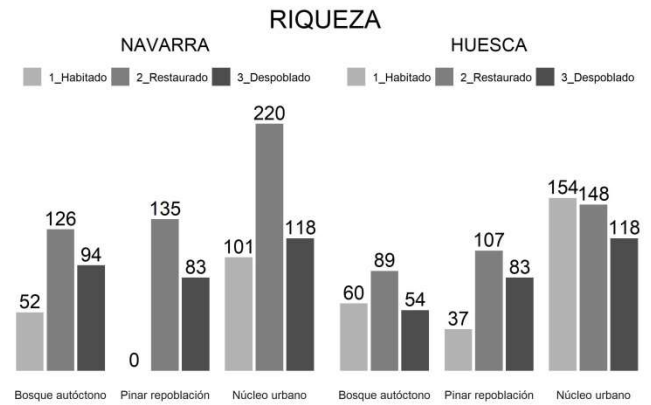


Figura 2: Valores de riqueza total de plantas recogidas mediante inventarios en los núcleos navarros y oscenses estudiados en RENURSE.

<i>Ambiente/ Tratamiento</i>	Tamaño parcela	Riqueza		Índice de Shannon		Equitatividad	
		±σ	I.C	±σ	I.C	±σ	I.C
NAVARRA							
<i>Bosque autóctono</i>	20x20 m						
Habitado		18.0±13.4	30.7- 5.3	0.9±0.9	1.8-0.1	0.29±0.23	0.50-0.07
Restaurado		37.3±16.9	53.3-21.3	1.7±0.1	1.8-1.7	0.50±0.04	0.54-0.46
Despoblado		49.7±4.8	54.2-45.1	2.3±0.2	2.5-2.1	0.58±0.05	0.63-0.53
<i>Pinar repoblación</i>	20x20 m						
Habitado		-	-	-	-	-	-
Restaurado		67.7±8.7	76.0-59.4	2.7±0.2	2.8-2.5	0.64±0.06	0.69-0.58
Despoblado		42.3±7.7	49.7-35.0	2.2±0.1	2.4-2.1	0.60±0.03	0.63-0.56
<i>Núcleo Urbano</i>	2x2 m						
Habitado		17.3±2.6	19.8-14.8	2.0±0.3	2.3-1.9	0.72±0.08	0.79-0.65
Restaurado		32.7±5.4	37.8-27.5	2.5±0.2	2.8-2.3	0.74±0.08	0.81-0.66
Despoblado		21.0±4.1	24.9-17.1	2.1±0.3	2.4-1.8	0.69±0.05	0.74-0.65
HUESCA							
<i>Bosque autóctono</i>	20x20 m						
Habitado		23.0±5.7	28.4-17.6	1.4±0.3	1.7-1.1	0.44±0.06	0.50-0.39
Restaurado		60.0±5.9	65.6-54.4	2.5±0.1	2.6-2.4	0.61±0.03	0.65-0.58
Despoblado		34.7±9.5	43.7-25.7	1.9±0.3	2.2-1.6	0.53±0.05	0.58-0.48
<i>Pinar repoblación</i>	20x20 m						
Habitado		29.3±3.7	32.8-25.8	1.4±0.2	1.6-1.2	0.41±0.04	0.45-0.38
Restaurado		40.7±6.8	47.2-34.2	1.9±0.3	2.2-1.7	0.52±0.05	0.56-0.47
Despoblado		27.7±4.9	32.3-25.8	1.8±0.2	2.0-1.6	0.55±0.06	0.61-0.49
<i>Núcleo Urbano</i>	2x2 m						
Habitado		17.7±4.7	22.2-12.2	2.2±0.4	2.6-1.7	0.76±0.08	0.83-0.68
Restaurado		23.7±8.7	31.9-15.4	2.1±0.3	2.4-1.9	0.69±0.07	0.76-0.62
Despoblado		22.7±7.9	30.2-15.1	2.2±0.2	2.5-2.0	0.74±0.06	0.80-0.68

Tabla 1. Resumen de diversidad florística en las localidades y ambientes estudiados en RENURSE.
Actas del XIII Coloquio Internacional de Botánica Pirenaico-Cantábrica, Targasona, 14-17 de octubre de 2024

Los bosques de los pueblos restaurados también destacan por presentar valores altos de diversidad a escala de parcelas 20 x 20. La diversidad media estimada en parcelas de 20 x 20 m más alta se presenta en las repoblaciones del pueblo restaurado de Navarra (Lakabe) llegando a una riqueza media de 67,7 especies y una diversidad de Shannon de 2.7. En el bosque autóctono del pueblo restaurado de Huesca (Aineto) se encuentran 60 especies de media por parcela y 2.5 de índice de diversidad de Shannon, siendo el segundo valor más alto del set de datos. Los valores más bajos de riqueza en masas forestales son siempre en los bosques autóctonos habitados.

Los valores más bajos de riqueza se encuentran en las parcelas urbanas de 2 x 2 metros. A pesar de la diferencia en escala, la diversidad en la zona urbana de la localidad restaurada Navarra, Lakabe, alcanza valores de riqueza superiores a 30 en las parcelas de estudio, alcanzando los límites inferiores de riqueza encontrados en parcelas de bosque en general a escala de 20 x 20 metros.

Sin embargo, en las zonas rurales se obtienen valores para el índice de Shannon más altos, por encima de 2, y la equitatividad es alta entre parcelas rurales en ambas regiones, Huesca y Navarra.

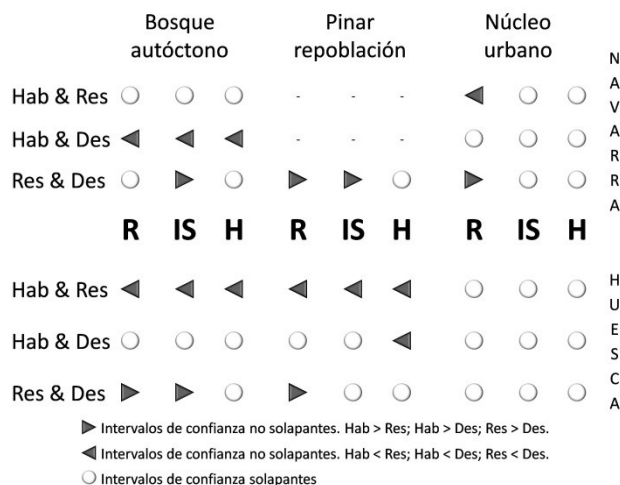


Figura 3: Comparaciones de los valores de riqueza entre los tratamientos para cada tipo de ambiente y región. Mediante triángulos se especifica que la comparación es significativa al no solaparse los intervalos de confianza y los tratamientos con valores significativamente más altos o bajos se identifica mediante la punta del triángulo. Al no existir pinares de repoblación en Villanueva de Arce (Habitado, Navarra), no se pueden incluir en las comparaciones (-).

Al disponer de pocos datos por tratamiento, resultó más práctico realizar comparaciones de los intervalos de confianza de los estimadores de diversidad calculados (figura 3). Hay una tendencia a que la diversidad en zonas rurales sea equivalente entre pueblos a escala de 2 x 2 metros. Mientras que en Navarra es evidente la diferencia entre la riqueza de los bosques autóctonos del entorno de Villanueva de Arce (habitado) frente a Gurpegui (Deshabitado), en Huesca las diferencias notorias son entre Serué (habitado) y Aineto (restaurado). En ambos casos, los bosques habitados albergan menos diversidad. Mirando los bosques, también se observa que, tanto para el pinar, como para el bosque autóctono, existe una tendencia a que los bosques de pueblos restaurados presenten mayor diversidad que en las localidades despobladas.

Cuando se compara la diversidad entre bosques de repoblación y autóctonos, destaca que tanto en Navarra como en Huesca, las diferencias se encuentran en los pueblos restaurados (figura 4). En este tipo de núcleos, la tendencia es que haya mayor diversidad en los pinares de repoblación que en los bosques autóctonos.

Bosque autóctono & Pinar repoblación

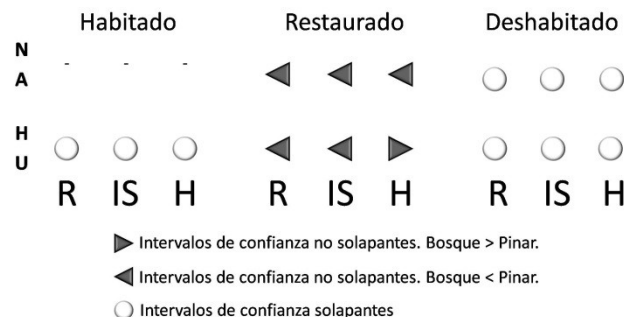


Figura 4: Comparaciones de los valores de riqueza entre los dos tipos de masa forestal estudiados (bosques y repoblaciones forestales) para cada tipo de tratamiento y región. Mediante triángulos se especifica que la comparación es significativa al no solaparse los intervalos de confianza y los ambientes con valores significativamente más altos o bajos se identifica mediante la punta del triángulo. Al no existir pinares de repoblación en Villanueva de Arce (Habitado, Navarra), no se pueden incluir en las comparaciones (-).

La figura 5 muestra claramente como la composición de la vegetación se estructura acorde a los ambientes seleccionados (B y D) y sin evidente tendencia o sesgo por tratamiento o localidad (A y C).

Discusión

La composición florística de las zonas despobladas es compleja y atiende a diversos factores, principalmente climáticos, edáficos y de uso y gestión. Por eso, en este trabajo hemos intentado centrarnos en dos ambientes susceptibles a experimentar cambios no ya en extensión, sino en composición florística.

Los núcleos urbanos pequeños de montaña como los que nos ocupan, se caracterizan por presentar una alta diversidad de plantas ruderales, que hace que los valores de riqueza se disparen. Mientras que en los pueblos despoblados la presencia de ruderales disminuye y las leñosas de pequeño porte ganan espacio, en los dos pueblos restaurados que hemos estudiado, se han constatado indicios compatibles con prácticas que favorecen la diversidad vegetal. Esto probablemente se deba a las prácticas de uso del propio entorno urbano, que no favorecen tanto a las ruderales (por ejemplo, poco acceso de vehículos a cuatro ruedas) y que promueve la plantación o expansión de otras especies circundantes o incluso ornamentales y medicinales.

Las masas forestales también parecen haber sufrido una importante alteración, ya que tras la repoblación del territorio con pino en los años 70-80, se generaron nuevos sistemas que desarrollaron sus propias dinámicas ecológicas. Se podría pensar que las repoblaciones son, por definición, más pobres en especies que los bosques autóctonos, pero esta situación no es tan clara en nuestro ámbito de estudio. Parece que las reforestaciones en los núcleos siempre habitados se efectuaron en terrenos con

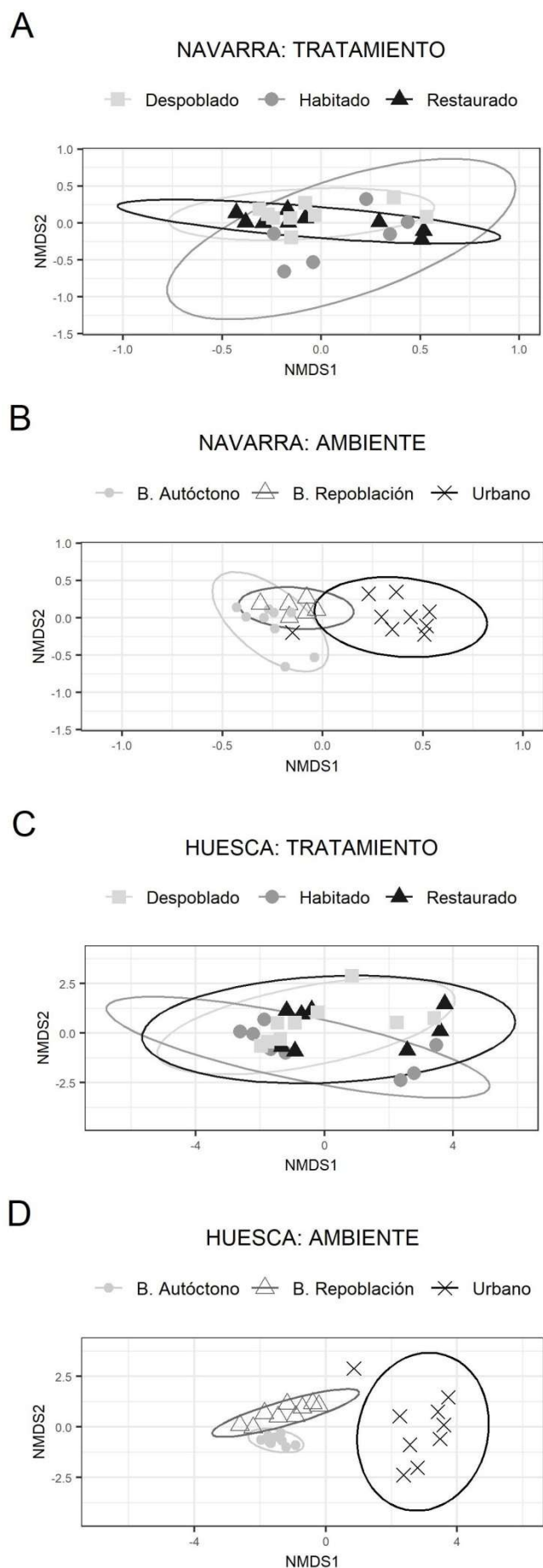


Figura 5: NMDS de las parcelas de vegetación en Huesca y Navarra agrupadas por tratamiento o ambiente.

poco valor para otros usos, generalmente sobre suelos más pobres, y eso se traduce en comunidades poco ricas y diversas. Sin embargo, especialmente en los pueblos restaurados, la diversidad en los pinares de reforestación es elevada, siendo en muchos casos hasta superior a la encontrada en los bosques autóctonos. Esto parece explicarse por la composición de la vegetación de los terrenos sobre los que se realizaron las repoblaciones forestales. En muchos casos los terrenos reforestados correspondieron con zonas de pastos y matorrales, manteniéndose la presencia de especies indicadoras de este tipo de comunidades, a pesar del tiempo transcurrido tras la repoblación. Un ejemplo de esta resiliencia son la presencia de especies típicas de pastos que hemos encontrado de manera sistemática en los pinares de repoblación en ambas regiones (*Achillea millefolium* L., *Trifolium pratense* L., *Plantago media* L., *Plantago lanceolata* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Medicago sativa* L., *Prunella grandiflora* (L.) Turra, *Sanguisorba minor* Scop., *Galium verum* L. o *Agrimonia eupatoria* L.). Es decir, la reforestación masiva de las zonas en su día despobladas aún conserva el legado vegetal de las comunidades previas.

En cuanto a la composición florística las parcelas se agrupan por ambiente y no por tipo de pueblo (Figura 5) ya que el fondo florístico es igual dentro de cada región, quejigales submediterráneos en el caso de Huesca y bosques mixtos de transición en Navarra. Si bien las parcelas dentro de los núcleos urbanos ("X" en figuras 5B y 4D) presentan mayor dispersión en el NMDS, se mantienen claramente separadas de los bosques, evidenciando que las especies que componen uno y otro ambiente son diferentes. De la misma manera, aunque las parcelas forestales se ubican más cercanas, también se observa una clara estructura, presentando las parcelas de reforestación una tendencia a ser más parecidas a las ruderales.

Agradecimientos

RENURSE, "efecto de la REstauración de Núcleos Rurales abandonados sobre los Servicios Ecosistémicos: hacia una transición ecológica sostenible del medio rural" (TED2021-132406B-I00) está financiado por la Unión Europea con fondos NextGeneration UE) mediante el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y coordinado por el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC), en el que colaboran la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca (IRNASA-CSIC) y la Universidad de Zaragoza (UNIZAR). Agradecemos la participación de todas las personas anónimas que de manera desinteresada han aportado y hecho posible este proyecto, donde se incluyen los Ayuntamientos, vecinos y vecinas de las localidades en estudio y estudiantes que acompañaron en los trabajos de campo. Las determinaciones de plantas no identificadas en campo se han realizado en el Herbario JACA-IPE-CSIC.

Bibliografía

- ADLER E., BICCHI F., CRAWFORD B. & DEL SARTO R.A. (ed.), 2006. *The Convergence of Civilizations: Constructing a Mediterranean Region*. University of Toronto Press, Toronto, 352 p. <http://www.jstor.org/stable/10.3138/j.ctt1287sbr>.
- DELGADO-ARTÉS R., GARÓFANO-GÓMEZ V., OLIVER-VILLANUEVA J.V. & ROJAS-BRIALES E., 2022. Land use/cover change analysis in the Mediterranean region: a regional case study of forest evolution in Castelló (Spain) over 50 years. *Land Use Policy*, **114**. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105967>.

DÍAZ-GUTIÉRREZ EJ & RODRIGUEZ-REJAS MJ. 2021. Retos y propuestas para repoblar la España vaciada: Por una España repoblada. *Cuadernos de desarrollo rural*, **18**: 1-19. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr18>.

FOLEY J.A., FRIES R. DE, ASNER G.P., BARFORD C., BONAN G., CARPENTER S.R., CHAPIN S.R., COE M.T., DAILY G.T., GIBBS H.K., HELKOWSKI J.H., HOLLOWAY T., HOWARD A., KUCHARIK J., MONFREDA C., PATZ J.A., PRENTICE I.C., RAMANKUTTY N. & SNYDER P.K., 2005., Global consequences of land use. *Science*, **309**: 570–574

OJIMA D.S., GALVIN K.A. & TURNER B.L., 1994. The Global Impact of Land-Use Change. *BioScience*, **44** (5): 300–304. <https://doi.org/10.2307/1312379>

PALACIO S. 2021. De la despoblación a la repoblación rural de las montañas. *Ecosistemas*, **30**: 2164.

PEÑUELAS J., SARDANS J., FILELLA I., ESTIARTE M., LLUSIÀ J., OGAYA R., CARNICER J., BARTRONS M., RIVAS-UBACH A., GRAU O., PEGUERO G., MARGALEF O., PLA-RABÉS S., STEFANESCU C., ASENSIO D., PREECE C., LIU L., VERGER A., BARBETA A., ACHOTEGUI-CASTELLS A., GARGALLO-GARRIGA A., SPERLICH D., FARRÉ-ARMENGOL G., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ M., LIU D., ZHANG C., URBINA I., CAMINO-SERRANO M., VIVES-INGLA M., STOCKER B.D., BALZAROLO M., GUERRIERI R., PEAUCELLE M., MARAÑÓN-JIMÉNEZ S., BÓRNEZ-MEJÍAS K., MU Z., DESCALS A., CASTELLANOS A. & TERRADAS J., 2017. Impacts of Global Change on Mediterranean Forests and Their Services. *Forests*, **8** (12):463. <https://doi.org/10.3390/f8120463>

PIELOU E.C., 1980. Review on Grassle et al. 1979. *Biometrics*, **36**: 742-743.

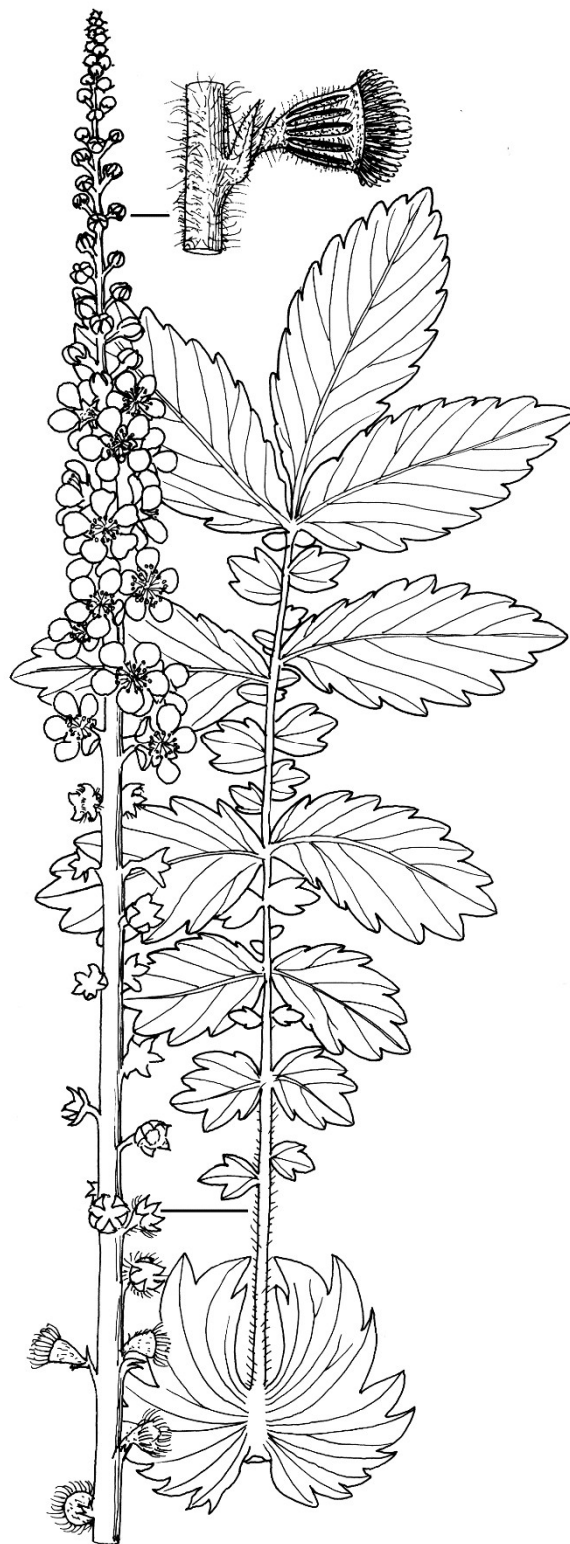
PINILLA V. & SÁEZ L., 2017. *La despoblación rural en España: génesis de un problema y políticas innovadoras*. Centro de Estudios sobre la Despoblación y Desarrollo de las Áreas Rurales, Informe 2017-2, 24 p.

PINILLA V. & SÁEZ L., 2021. La despoblación rural en España: características, causas e implicaciones para las políticas públicas. *Presupuesto y gasto público*, **102**: 75-92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8113909>

RSTUDIO TEAM, 2024. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

RUIZ I. & SANZ-SÁNCHEZ M.J., 2020. Effects of historical land-use change in the Mediterranean environment. *Science of The Total Environment*, **732**. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139315>.

SHANNON C.E. & WEAVER W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU, 144 p.



Agrimonia eupatoria L.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

PLANTES EXOTIQUES ENVAHISSANTES DANS LES PYRÉNÉES FRANÇAISES : OUTILS DISPONIBLES ET PREMIÈRES ÉVALUATIONS

Jérôme DAO¹ & Louise TURPIN²

¹ Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex, jerome.dao@cbnmpm.fr

² Conservatoire botanique national méditerranéen, Antenne Occitanie Languedoc-Roussillon, 1000 avenue Agropolis, F-34090 Montpellier l.turpin@cbnmed.fr

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

Les Pyrénées forment un massif de 430 km entre la France et l'Espagne, atteignant 3400 m d'altitude. Après avoir rappelé le contexte des invasions biologiques végétales en montagne et les actions menées dans les Pyrénées, la liste des plantes exotiques envahissantes pour la partie des Pyrénées en région Occitanie sera utilisée pour dresser un premier état des lieux de la montée en altitude de ces plantes à l'échelle des Pyrénées françaises. Ce travail montre que 25 d'entre-elles sont déjà installées à plus de 1500 m d'altitude, et certaines à plus de 2000 m, et que leur implantation est directement liée aux activités humaines (échappées de plantation, dispersion le long des infrastructures de transport ou lors de chantiers). Pour préserver le massif des Pyrénées et prévenir l'intensification du phénomène une coordination transfrontalière reste à construire.

Mots clefs : Pyrénées françaises, plantes exotiques envahissantes, répartition altitudinale.

Resumen: Plantas exóticas invasoras en los Pirineos franceses: herramientas disponibles y primeras evaluaciones

Los Pirineos forman una montaña de 430 km entre Francia y España con una altitud máxima de 3.400 m. Tras esbozar el contexto de las invasiones biológicas de plantas en las montañas y las medidas adoptadas en los Pirineos, se utilizará la lista de plantas exóticas invasoras de la parte occitana de los Pirineos para elaborar un primer balance del aumento de altitud de estas plantas en los Pirineos franceses. Este trabajo muestra que 25 de ellos ya están establecidos a más de 1.500 m de altitud, y algunos a más de 2.000 m, y que su establecimiento está directamente relacionado con actividades humanas (escapes de plantaciones, dispersión a lo largo de infraestructuras de transporte o durante obras de construcción). Para preservar el macizo pirenaico y evitar la intensificación del fenómeno, es necesario establecer una coordinación transfronteriza.

Palabras clave: Pirineos franceses, planta exótica invasora, distribución altitudinal.

Abstract: Invasive alien plants in the French Pyrenees: available tools and initial assessments

The Pyrenees Mountain are 430 km long between France and Spain, with a maximum altitude of 3,400 m. After recalling the context of plant's biological invasions in the mountains and the actions undertaken in the Pyrenees, the list of invasive alien plants for the Occitan part of the Pyrenees will be used to draw up an initial assessment of the rise in altitude of these plants on the scale of the French Pyrenees. This work shows that 25 of them are already established at an altitude of over 1500 m, and some at over 2000 m, and that their establishment is directly linked to human activities (plantation escapes, dispersion along transport infrastructure or during worksites management). To preserve the Pyrenees massif and prevent the intensification of the phenomenon, cross-border coordination remains to be built.

Keywords: French Pyrenees, invasive alien plants, altitudinal distribution.

Les invasions biologiques sont l'une des causes du déclin de la biodiversité et de la fragilisation des écosystèmes au niveau mondial. Une espèce exotique envahissante est une espèce animale ou végétale exotique, dont l'introduction par l'homme volontaire ou fortuite, y menace les écosystèmes, les habitats et les espèces indigènes avec des conséquences

écologiques, économiques et sanitaires (Muller, 2017). Le statut d'espèce exotique envahissante est établi après des évaluations des impacts réalisées à différentes échelles (du local au mondial) à partir de données scientifiques et/ou de dires d'experts. Le flux d'introduction d'espèces exotiques par les activités humaines et les échanges internationaux est important, puisqu'on recense aujourd'hui plus de 37 000 espèces exotiques de par le monde, dont au moins 3 500 sont connues pour leurs impacts négatifs. On dénombre ainsi au moins 1 061 plantes exotiques envahissantes à travers le monde (Roy & al., 2023).

Plusieurs facteurs humains contribuent activement aux mécanismes des invasions biologiques et à la répartition des plantes exotiques envahissantes sur un territoire : la sélection des espèces introduites (filère horticole notamment), la pression d'introduction, la modification des écosystèmes, la densité du réseau d'infrastructures de transport et l'intensité des activités humaines (McNeely, 2001). Les plaines, plus peuplées, mieux desservies en infrastructures et plus riches en activités que les massifs montagneux, sont ainsi souvent plus impactées par les invasions biologiques que les montagnes, d'autant que l'élévation en altitude s'accompagne de conditions écologiques plus contraignantes pour les plantes. L'ensemble de ces éléments a conduit à ce que le sujet des invasions biologiques en montagne soit moins étudié (Pauchard & al., 2009). Ce retard est aujourd'hui rattrapé, grâce à de nombreux travaux qui ont amélioré la connaissance sur les processus, les enjeux et les impacts des invasions biologiques en montagne (Alexander & al., 2016). Près de 200 plantes exotiques ont ainsi été identifiées dans des écosystèmes alpins à travers le monde (Alexander & al., 2016). De plus, certaines pressions sur les écosystèmes de montagne, comme le changement climatique, la déprise agricole et le développement touristique ont aussi été identifiés comme des facteurs pouvant accroître la montée altitudinale de plantes exotiques envahissantes (Pauchard & al., 2016 ; Carboni & al., 2018). La progression et l'installation de plantes exotiques en montagne se révèlent même bien plus importantes que ce qu'indiquait les recherches jusqu'alors (Iseli & al., 2023).

Le programme Life Pyrénées 4 Climate (2023-2031)⁴, porte une action transfrontalière (*subtask 3.2.8. Invasive Species, prevention of emerging invasive alien species in the Pyrenees*) destinée à améliorer les connaissances sur les espèces exotiques envahissantes et à prévenir la dispersion des espèces exotiques envahissantes émergentes. L'objectif du présent article est de contribuer à cette action en présentant le panel des outils et l'état des connaissances disponibles sur les plantes exotiques envahissantes pour la

⁴ <https://www.pirineos-pyrenees.eu/fr/pyrenees4clima-projet-life/>

partie française du massif des Pyrénées, et de proposer une première approche de la répartition altitudinale des plantes exotiques envahissantes. Plusieurs travaux convergents sont en cours dans le cadre du programme Life, notamment un catalogue de la flore exotique à l'échelle du massif (Institut Botanique de Barcelona, en cours) et un état des lieux des espèces exotiques envahissantes (Cormenzana, 2024).

Le territoire des Pyrénées françaises

Les Pyrénées forment une barrière montagneuse de 430 km allant de l'océan Atlantique à la mer Méditerranée, et séparant le nord de l'Europe de la péninsule ibérique. La flore des Pyrénées est d'une grande richesse, avec 4 403 plantes vasculaires recensées pour l'ensemble du massif pyrénéen, dont 7% sont des plantes endémiques au massif (CBNPMP & *al.*, 2019). Cette richesse floristique s'explique tant par une histoire bioclimatique et une géologie complexe, que par les nombreuses influences atlantique, méditerranéenne, alpine et ibérique qui affectent le massif et sa flore. Les Pyrénées françaises constituent le troisième réservoir de biodiversité métropolitaine après la Corse et les Alpes du Sud. Avec une large partie du territoire classé en site Natura 2000 au titre des directives européennes 2009/147 dite Oiseaux et 92/43 dite Habitats-Faune-Flore, elles abritent deux parcs naturels régionaux (plus deux projets de nouveaux parcs), un parc national, plus de 75 000 hectares sous statut de protection forte, dont 15 réserves naturelles (10 nationales et 5 régionales), une réserve nationale de chasse et de faune sauvage (la réserve d'Orlu) et les 45 000 hectares de la zone cœur de massif du Parc national (INSEE, 2021).

Les Pyrénées sont la frontière naturelle de 3 états (Andorre, Espagne et France). Les Pyrénées françaises sont situées sur le versant nord. Elles occupent 18 176 km² (DATAR, 2013) et ont une altitude moyenne de plus de 900 m (Taillefer, 1948). Les plus hauts sommets avoisinent les 3000 m d'altitude. Les Pyrénées françaises comptent 2 régions (Nouvelle-Aquitaine, Occitanie) et 6 départements (Ariège, Aude, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées, Pyrénées-Atlantiques, Pyrénées-Orientales). La population est estimée à 509 805 personnes en 2009, pour une densité de 29,3 habitants par km², ce qui est faible pour les massifs français (46,1 habitants au km² pour le Massif central et 66,5 pour les Alpes) (DATAR, 2013). En termes d'activités, le massif se caractérise par le rôle important de l'agriculture, du pastoralisme, de la filière bois et du tourisme, dans la gestion du territoire et les productions. Deux corridors internationaux encadrent le massif (autoroutes A9 à l'est et A63 à l'ouest) et concentrent 87% du fret France-Espagne (DATAR, 2013). Quelques axes routiers traversant ont un flux de voitures et de camions significatif. C'est le cas des routes de Cerdagne, de la vallée de l'Ariège (vers le Pas-de-la-Case), des vallées de la Garonne, d'Ossau et d'Aspe. Le piémont est constellé de petites villes, et le massif est bien desservi par un réseau de routes intérieures qui assure la vie du territoire, l'accès aux pôles urbains de la plaine et aux espaces touristiques du massif (stations de haute montagne, thermalisme, pèlerinage catholique, littoral méditerranéen) (INSEE, 2021).

Prise en compte des plantes exotiques envahissantes dans les Pyrénées françaises

Faisant suite à plusieurs engagements internationaux, le règlement européen 1143/2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes a marqué un tournant dans l'appropriation des enjeux des invasions biologiques dans les politiques publiques sur le continent européen (UE, 2014).

La France s'est dotée d'une stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes (Muller, 2017) et d'un plan d'action pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes (Ministère chargé de l'environnement, 2022). Par ailleurs, le groupement de recherche Archéophytes et néophytes de France a également permis de clarifier et de construire une terminologie de référence relative aux plantes exotiques envahissantes en France (Fried & *al.*, 2024).

Il n'existe pas encore de prise en compte coordonnée des plantes exotiques envahissantes à l'échelle du massif des Pyrénées. Des travaux ont été menés par des structures, et selon des échelles administratives propres à chaque état. En Espagne, et dans les communautés autonomes espagnoles (Aragon, Catalogne, Pays basque, Navarre) et en Andorre, des catalogues, des listes de référence et réglementaires ont été dressées depuis 2004 par des agences publiques ou des établissements de recherche (Sanz-Elorza & *al.*, 2004 ; Campos & Herrera, 2009 ; Ruzafa, 2011 ; Aymerich & Saez, 2019). En France, ce sont les conservatoires botaniques nationaux, agréés par le Ministère chargé de l'environnement, qui jouent un rôle central dans l'élaboration de listes de référence sur les plantes exotiques envahissantes. Le long des Pyrénées françaises, les tous premiers travaux ont débuté en 2009 avec une feuille de route réalisée à l'échelle de l'ancienne région Languedoc-Roussillon par le Conservatoire botanique national méditerranéen (CBNMed). En 2013, un plan d'action et une liste de référence à l'échelle de l'ex-région Midi-Pyrénées ont été élaborés et animés par le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) (Fontaine & *al.*, 2014). Le Conservatoire botanique national Sud Atlantique (CBNSA) apportera sa contribution avec une liste de référence pour l'ex-région Aquitaine en 2016 (Caillon & *al.*, 2016). A compter de 2018, les régions françaises sont modifiées, et de nouveaux travaux débutent. En Occitanie, le CBNPMP et le CBNMed travaillent de concert pour réaliser des listes à des échelles biogéographiques au sein de la région (Cottaz & *al.*, 2021). Une stratégie Occitanie, co-animée par ces mêmes conservatoires, est lancée en 2023 (Turpin & *al.*, 2023). En Nouvelle-Aquitaine, le CBNSA a produit une liste de référence à l'échelle de la région en 2022 (Caillon & *al.*, 2022), et une stratégie régionale concernant la faune et la flore, portée par l'État et la Région, a été finalisée en 2024 (Barthélemy & *al.*, 2024).

Des deux côtés des Pyrénées, les plantes exotiques envahissantes sont bien prises en compte, mais l'absence de coopération aux échelles administratives et étatiques de deux pays n'avaient pas permis la mise en place d'une approche globale du sujet à l'échelle du massif. Cependant, plusieurs réalisations transfrontalières concernant la flore à l'échelle du massif des Pyrénées existent déjà : l'Atlas de la flore des Pyrénées (Florapayr) ou la liste rouge de la flore

vasculaire des Pyrénées (CBNPMP & *al.*, 2019). Ces travaux offrent un socle pour une coordination transfrontalière sur les plantes exotiques envahissantes des Pyrénées.

Liste biogéographique des plantes exotiques envahissantes pour la partie des Pyrénées en région Occitanie

On dénombre au moins trois périmètres différents à l'échelle des Pyrénées françaises : le périmètre officiel défini au titre de la loi montagne du 9 janvier 1985 (ANCT, consulté le 12/12/2024), le périmètre européen issu des régions biogéographiques du Réseau Natura 2000 pour le domaine alpin (Roekaerts, 2002) et le périmètre biogéographique issu des régions d'origine dans le cadre du programme français Végétal local (Végétal local, consulté le 12/12/2024).

Le périmètre Végétal local a ainsi servi à élaborer les listes biogéographiques relatives aux plantes exotiques envahissantes en Occitanie (Cottaz & *al.*, 2021). En amont de la création de ces listes, un catalogue de la flore vasculaire exogène de la région Occitanie a été produit. Ce dernier s'est basé d'une part sur la mise en commun des données d'observations régionales, et d'autre part sur l'expertise botanique régionale afin de préciser l'indigénat, l'année ou période d'introduction, le degré de naturalisation et la présence récente de chaque taxon. En bilan, 1 391 taxons exogènes ont été recensés dans ce catalogue Occitanie (Cottaz & *al.*, 2021).

Une sélection des taxons a ensuite été faite, par élimination des taxons sans comportement envahissant (taxon cultivé) et des taxons introduits avant 1492, addition des plantes exotiques envahissantes absentes mais interdites par la réglementation européenne ou nationale, et ajout de taxons considérés comme envahissants sur un territoire proche. Au total ce sont 902 taxons qui ont été soumis à évaluation (Cottaz & *al.*, 2021).

Quatre zones biogéographiques Végétal local recoupent la région Occitanie, chacune étant nommée selon leurs influences méditerranéenne (« méditerranéenne »), alpine (« Pyrénées »), atlantique (« Sud-Ouest ») ou continentale (« Massif central »). Le périmètre biogéographique « Pyrénées » s'est notamment appuyé sur le périmètre des communes ayant des caractéristiques moyennes d'altitude, de pluviométrie et de végétations propres à la montagne (Malaval & *al.*, en préparation).

Afin d'aboutir aux listes biogéographiques de la région Occitanie, une succession d'analyses de risques a été conduite pour chaque taxon : la cotation Lavergne adaptée pour évaluer le comportement envahissant observé (Lavergne, 2010), l'analyse Weber et Gut adaptée pour préciser le potentiel de prolifération (Weber & Gut, 2004), l'analyse des risques de l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP) pour tenir compte des risques de dispersion et des impacts potentiels d'un taxon (Brunel & *al.*, 2010 ; Branquart & *al.*, 2016), et la méthode de catégorisation du CBNMed basée sur le recouvrement d'un taxon sur les sites envahis et sa répartition régionale d'après les données de terrain (Terrin & *al.*, 2014). Les listes restituent un classement des plantes à l'échelle des zones biogéographiques régionales en fonction de leur niveau d'impacts : « plantes exotiques envahissantes » si les impacts environnementaux sont avérés, ou « potentiellement envahissantes » si les impacts sont insuffisamment caractérisés ou si le taxon est reconnu

envahissant sur un territoire proche. L'étendue de la distribution de chaque taxon sur la zone considérée conduit à trois catégories (« Majeure », « Modérée », « Emergente ») pour les « plantes exotiques envahissantes », et, deux catégories (« Alerte » pour les présentes et « Prévention » pour les absentes) pour les « plantes exotiques potentiellement envahissantes ». Ces catégories biogéographiques sont destinées à aider les gestionnaires de milieux naturels à prioriser leurs actions (Cottaz & *al.*, 2021).

Au total 306 plantes exotiques envahissantes ou potentiellement envahissantes ont été identifiées en Occitanie, dont 172 taxons font partie de la liste biogéographique Pyrénées, soit 56% des taxons de la liste régionale (Cottaz & *al.*, 2021). La liste biogéographique méditerranéenne, avec 288 taxons, soit 94% des taxons de la liste régionale, illustre que les conditions climatiques méditerranéennes sont plus propices à l'installation de la flore en général et que le foisonnement d'activités touristique, de transport, d'aménagements urbains et paysagers du pourtour méditerranéen multiplie les possibilités d'introduction et de dispersion anthropique de plantes exotiques. Malgré des conditions moins favorables qu'en zone méditerranéenne, le nombre de taxons de la liste pyrénéenne est significatif. Nous aimerions comprendre comment ces taxons « pyrénéens » sont installés à l'échelle des Pyrénées françaises.

Premiers éléments sur la répartition altitudinale des plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes dans les Pyrénées françaises

Nous nous sommes basés sur le périmètre Végétal local Pyrénées comme périmètre de référence et la liste biogéographique Pyrénées réalisée pour la région Occitanie, comme liste de référence des taxons pour l'étude de l'installation des plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes dans les Pyrénées françaises.

Nous avons d'abord compilé toutes les données de la flore vasculaire indigène et exogène issues de la base de données Florapyr - Atlas de la flore des Pyrénées (Florapyr, consulté le 28/08/2024) sur le périmètre des Pyrénées françaises, décomposé en maille de 5 km par 5 km, pour obtenir une carte illustrant le nombre d'observations par maille (voir figure 1). Près de 88% des mailles disposent de plus de 500 observations, et 43% des mailles ont même plus de 2000 observations ! Les Pyrénées françaises sont donc un territoire bien connu et assez uniformément parcouru par les botanistes. On peut donc considérer que l'état des connaissances sur la flore est suffisant pour réaliser une répartition représentative des plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes sur le massif.

Les données relatives aux 172 plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes de la liste Pyrénées Occitanie ont été extraites le 21/09/2024 des bases de données du CBNPMP et du CBNMed. L'altitude a été recalculée pour chaque donnée en fonction de sa localisation et l'ensemble du jeu de données a été mis en forme pour permettre son analyse. Le jeu de données comprend 18 047 observations relatives à 123 taxons. 16 947 observations se rapportent à des taxons ayant un statut de plante exotique envahissante, 1 103 observations se rapportant à des plantes exotiques potentiellement envahissantes. Le premier constat est que les observations dans les Pyrénées françaises sont relativement récentes, avec aucune donnée antérieure à 1990.

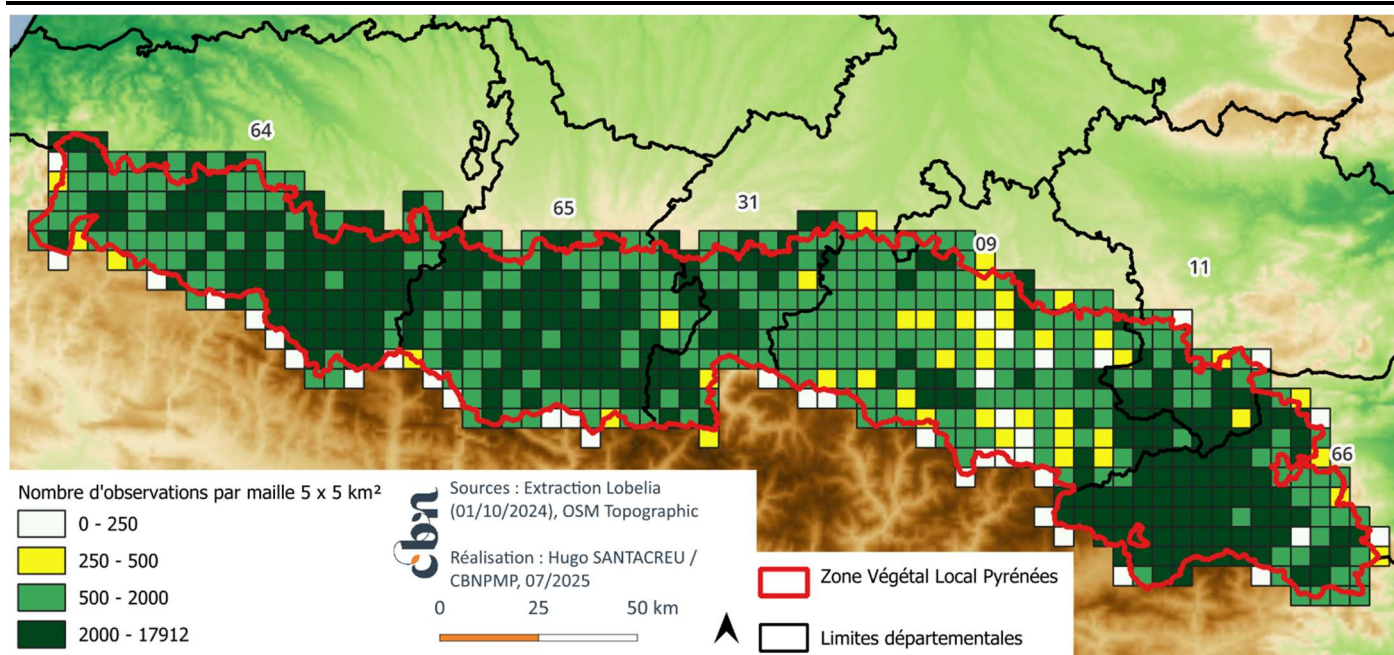


Figure 1 : Nombre d'observations de la flore dans les Pyrénées françaises, par maille de 5x5 km² à l'échelle de la zone Végétal local Pyrénées. Les mailles noires correspondent aux mailles ayant plus de 2 000 observations, les mailles gris foncé aux mailles ayant entre 500 et 2 000 observations, les mailles gris clair aux mailles entre 250 et 500 observations, et les mailles blanches aux mailles ayant moins de 250 observations. On constate que les mailles de plus de 500 observations occupent l'essentiel du massif et sont uniformément réparties. Carte réalisée par Hugo Santacreu (CBNPMP), avec le fond Google Map et l'extraction de la base de données Florapyr (consultée le 28/08/2024).

Un classement altitudinal de l'ensemble des données pour les Pyrénées françaises a été réalisé par palier de 500 m d'altitude (voir figure 2). Plus de la moitié des observations et la grande majorité des taxons se situent à moins de 500 m d'altitude. 92% des observations se concentre en deçà de 1000 m d'altitude, correspondant aux étages des plaines et du piémont pyrénéen. Entre 1500 et 2000 m d'altitude, on dénombre seulement 25 taxons, répartis en 350 observations. Seuls 6 taxons, répartis en seulement 19 observations, dépassent le palier de 2000 m d'altitude. Ces résultats sont similaires à la répartition constatée des plantes exotiques dans d'autres massifs montagneux (Alexander & al., 2016).

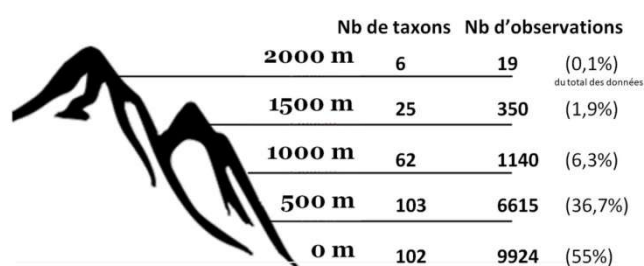


Figure 2 : Répartition altitudinale des plantes exotiques envahissantes et potentiellement envahissantes dans les Pyrénées françaises. « Nb de taxons » indique le nombre total de taxons exotiques envahissants ou potentiellement envahissants par palier d'altitude. « Nb d'observations » correspond au nombre total des observations de ces taxons. Les pourcentages entre parenthèses représentent la proportion des observations de ces taxons par gamme d'altitude rapportée à la totalité des observations de ces taxons dans les Pyrénées françaises.

On observe deux profils parmi les 25 taxons constatés au-delà de 1500 m d'altitude : des espèces faiblement présentes à l'échelle du massif, mais déjà observées en altitude, et des espèces largement répandus dans le massif et capables de s'installer en altitude. Certaines plantes peu observées dans le massif sont capables de s'installer en altitude (voir figure

3). C'est le cas par exemple de *Cerastium tomentosum* L., avec 9 observations à plus de 1500 m d'altitude dont 1 observation au-delà de 2000 m, herbacée stolonifère communément introduite dans les jardins d'altitude, originaire des Alpes italiennes et implantée dans la Réserve nationale du Néouvielle, de *Elodea canadensis* Michx., avec 10 observations à plus de 1500 m d'altitude dont 3 au-delà de 2000 m, plante aquatique échappée d'aquarium et originaire d'Amérique du Nord, présente dans les eaux calmes et récemment découverte en lac à plus de 2000 m d'altitude, de *Lupinus x regalis* Bergmans, avec 41 observations à plus de 1500 m d'altitude et aucune au-delà de 2000 m, légumineuse pérenne populaire dans les jardins d'altitude et utilisée pour la révégétalisation des talus, d'origine horticole, dont l'essentiel des observations se situent entre 1500 et 2000 m d'altitude, ou de *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier, avec 24 observations à plus de 1500 m d'altitude et aucune au-delà de 2000 m, plante monocarpique introduite dans les jardins, originaire des montagnes du Caucase, et constatée aux portes du Parc national des Pyrénées à Cauterets (voir figure 3).

Certains taxons bien implantés, comptent aussi une part d'observations au-delà de 1500 m d'altitude (voir figure 4). C'est le cas par exemple de *Matricaria discoidea* DC., avec 67 observations à plus de 1500 m d'altitude dont 7 au-delà de 2000 m, originaire d'Asie et toujours rencontrée au niveau des terrains compactés des parkings et bords de route, et de *Senecio inaequidens* DC., avec 67 observations à plus de 1500 m d'altitude dont 2 au-delà de 2000 m, herbacée pérenne originaire d'Afrique et autrefois introduit dans les lots de laine importés. *Picea abies* (L.) H.Karst., (104 observations à plus de 1500 m d'altitude dont 5 au-delà de 2000 m), est un arbre résineux introduit depuis les Alpes du Nord pour la plantation forestière. Sa répartition indique clairement une affinité montagnarde. Le cas de *Buddleja davidii* Franch. (avec 2 observations à plus de 1500 m d'altitude et aucune au-delà de 2000 m) est différent. Cet

arbuste originaire de massifs montagneux d'Asie, se rencontre abondamment dans divers contextes rocaillieux, mais l'espèce reste cantonnée en deçà de 1500 m d'altitude alors que de nombreux milieux rocheux favorables pourraient au delà lui être accessibles.

Enfin 63% des observations sont situées à moins de 25 m d'un axe routier, avec 53% des observations situés en bord de route au-delà de 1000 m d'altitude. Cela pourrait confirmer le rôle de corridor des infrastructures routières pour la remontée des propagules de certaines plantes exotiques envahissantes depuis les étages inférieurs.

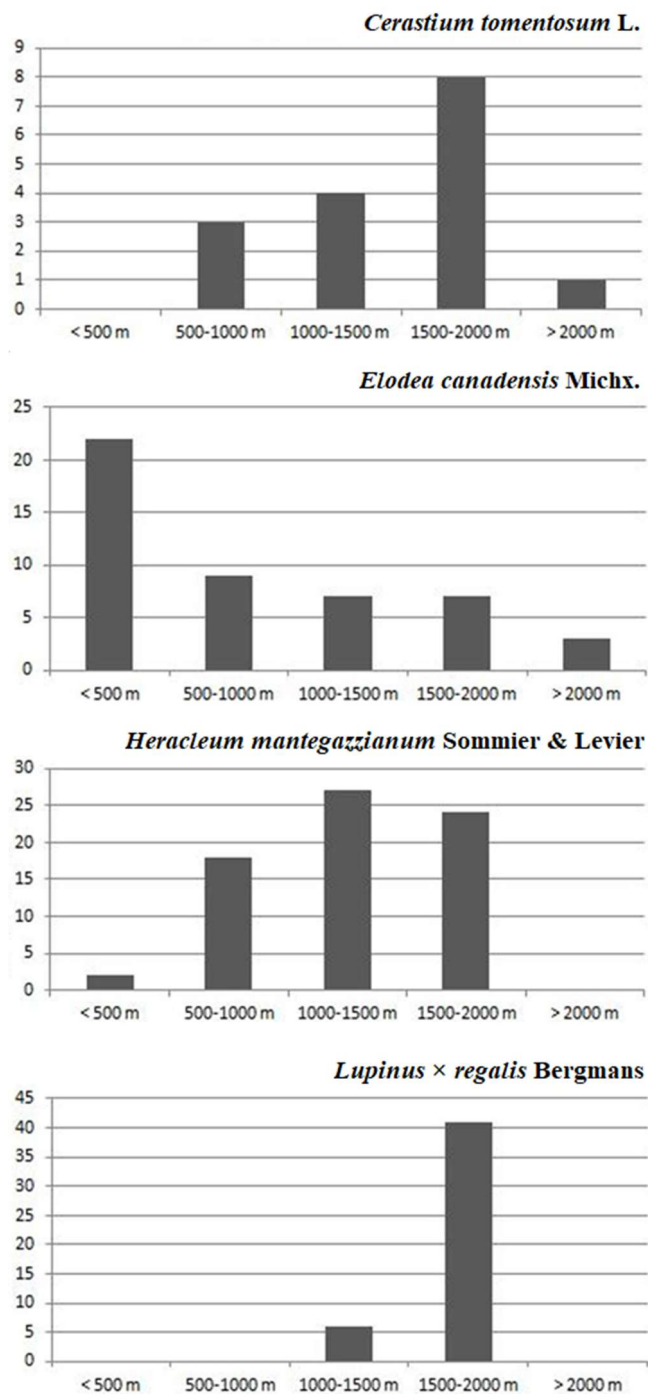


Figure 3 : Exemples de plantes exotiques envahissantes faiblement présentes dans les Pyrénées françaises mais installées en altitude (nombre d'observations). L'axe des ordonnées correspond au nombre d'observations de l'espèce. L'axe des abscisses indique les paliers d'altitude.

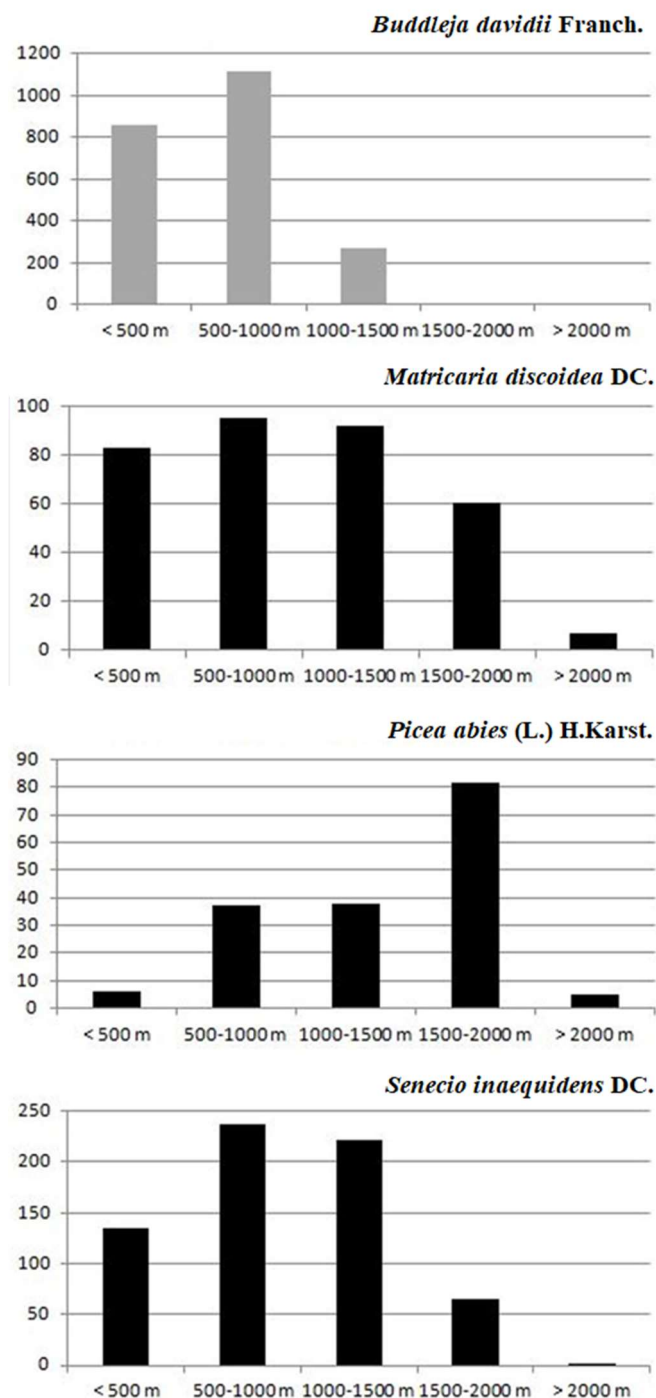


Figure 4 : Exemples de plantes exotiques envahissantes bien implantées dans les Pyrénées françaises et retrouvées aussi en altitude (nombre d'observations).

Conclusion

Plusieurs activités humaines, comme la plantation horticole et sylvicole, ou le développement d'infrastructures routières semblent pouvoir contribuer à l'arrivée ou à la montée en altitude de plantes exotiques envahissantes dans les Pyrénées françaises. Mobiliser de manière coordonnée l'ensemble des acteurs du territoire pyrénéen français, espagnol et andorran est nécessaire pour prévenir et contrôler la dispersion des plantes exotiques envahissantes au détriment de la biodiversité du massif. Les outils présentés ici permettent d'organiser une telle coordination transfrontalière. Les étapes à venir devraient notamment permettre d'améliorer la connaissance sur la répartition et

les impacts de ces espèces en milieux naturels, et de mutualiser la surveillance des voies d'introduction pour la prévention de la dispersion des espèces le long des axes de transport et des bassins versants partagés, et enfin d'anticiper les effets attendus du changement climatique sur l'installation des plantes exotiques envahissantes dans les Pyrénées.

Bibliographie

- ALEXANDER J., LEMBRECHTS J., CAVIERES L., DAEHLER C., HAIDER, S., KUEFFER C., LIU G., MCDUGALL K., MILBAU A., PAUCHARD A., REW L. & SEIPEL T., 2016. Plant invasions into mountains and alpine ecosystems: current status and future challenge. *Alpine botany*, **126**: 89-103.
- AYMERICH P. & SÁEZ L., 2019. Checklist of the vascular alien flora of Catalonia (northeastern Iberian Peninsula, Spain). *Mediterranean Botany*, **40** (2): 215-242.
- BARTHÉLEMY V., RIBREAU A., BREUGNOT E., CAILLON A., BROUSSEAU O., PERRODIN J., DEMAGNY A. & DUTARTRE A., 2024. *Stratégie régionale relative aux espèces exotiques envahissantes en Nouvelle-Aquitaine*. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Nouvelle-Aquitaine, Agence régionale de la biodiversité Nouvelle-Aquitaine, Office français de la biodiversité, Conservatoire botanique national Sud-Atlantique, Région Nouvelle-Aquitaine, FAUNA, Centre de ressource national espèces exotiques envahissantes, 138 p.
- BRANQUART E., BRUNDU G., BUHOLZER S., CHAPMAN D., EHRT P., FRIED G., STARFINGER U., VAN VALKENBURG J. & TANNER R., 2016. A prioritization process for invasive alien plant species incorporating the requirements of the EU Regulation no. 1143/2014. *EPPO Bulletin*, **46**: 603-617.
- BRUNEL S., BRANQUART E., FRIED G., VAN VALKENBURG J., BRUNDU G., STARFINGER U., BUHOLZER HONS S., ULUDAG A., JOSEFFSON M. & BAKER R., 2010. The EPPO prioritization process for invasive alien plants. *EPPO Bulletin*, **40**: 407-422.
- CAILLON A. & LAVOUÉ M., 2016. *Liste hiérarchisée des plantes exotiques envahissantes d'Aquitaine, Version 1.0*. Conservatoire botanique national Sud-Atlantique, 49 p.
- CAILLON A. (COORD.), BONIFAIT S., CHABROL L., DAO J., LEBLOND N. & RAGACHE Q., 2022. *Liste hiérarchisée des plantes exotiques envahissantes de Nouvelle-Aquitaine*. Conservatoire botanique national Sud-Atlantique (coord.), Conservatoire botanique national du Massif central & Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 116 p.+annexes
- CAMPOS J.A. & HERRERA M., 2009. *Diagnosis de la Flora alóctona invasora de la CAPV*. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental, Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco, 296 p.
- CARBONI M., GUÉGUEN M., BARROS C., GEORGES D., BOULANGEAT I., DOUZET R., DULLINGER S., KLONNER G., VAN KLEUNEN M., ESSL F., BOSSDORF O., HAEUSER E., TALLUTO M., MOSER D., BLOCK S., CONTI L., DULLINGER I., MÜNKEMÜLLER T. & THUILLER W., 2018. Simulating plant invasion dynamics in mountain ecosystems under global change scenarios. *Global Change Biology*, **24** (1): 289-302.
- CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL DES PYRÉNÉES ET DE MIDI-PYRÉNÉES (COORD.), ARANZADI ZIENTZIA ELKARTEAK, CONSERVATOIRE BOTANIQUE NATIONAL MÉDITERRANÉEN, CONSORCI DEL MUSEU DE CIÈNCIES NATURALS DE BARCELONA (BARCELONA), INSTITUT PIRENAICO DE ECOLOGIA (IPE) (JACA, ESPAGNE), INSTITUT D'ESTUDIS ANDORRANS, CENTRE DE PERPINYÀ & UNIVERSITAT DE BARCELONA, 2019. *Liste rouge de la flore vasculaire des Pyrénées*, Bagnères-de-Bigorre, 32 p.
- CORMENZANA N.R., 2024. *Invasiones biológicas en los Pirineos, diagnostico y recomendaciones*. Trabajo fin de Master. Universidad publica de Navarra, Pamplona, 50 p.
- COTTAZ C., DAO J. & HAMON M., 2021. *Liste de référence des plantes exotiques envahissantes de la région Occitanie, Synthèse, analyses de risque et catégorisation des taxons*. Conservatoire
- botanique national méditerranéen et Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 147 p.
- FONTAINE M., CAMBECEDES J., BARASCUD Y., BIRLINGER A. & TRIBOLET L., 2014. *Plan régional d'action : Plantes Exotiques Envahissantes en Midi-Pyrénées*. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Midi-Pyrénées, 201 p.
- FRIED G., AFFRE L., ALBERT A., ANTONETTI P., BRETAGNOLLE F., CAILLON A., CHABROL L., COTTAZ C., DAO J., DELANGUE B., DORTEL F., DECOCQ G., DOMMANGET F., GESLIN J., GIROD C., GOURVIL J., KESSLER F., MOLINA J., PETIT Y., PERRIAT F., TISON J.-M., TOUSSAINT B., VAN ES J., VUILLEMENOT M., ZECH-MATTERNE V. & BRUN C., 2024. Analyse de la terminologie relative aux plantes vasculaires exogènes : application à l'inventaire des archéophytes et néophytes de France hexagonale. *Natureae*, **2024** (4) : 69-97.
- ISELI E., CHISHOLM C., LENOIR J., HAIDER S., SEIPEL T., BARROS A., HARGREAVES A.L., KARDOL P., LEMBRECHTS J.J., MCDUGALL K., RASHID I., RUMPF S.B., ARÉVALO J.R., CAVIERES L.A., DAEHLER C., DAR P.A., ENDRESS B., JAKOBS G., JIMÉNEZ A., KÜFFER C., MIHOC MA., MILBAU A., MORGAN J.W., NAYLOR B.J., PAUCHARD A., RATIER BACKES A., RESHI Z.A., REW L.J., RIGHETTI DA., SHANNON J.M., VALENCIA G., WALSH N.G., WRIGHT G.T. & ALEXANDER J., 2023. Rapid upwards spread of non-native plants in mountains across continents. *Nature Ecology & Evolution*, **7**: 405-413.
- LAVERGNE C., 2010. *Plantes ornementales envahissantes à la Réunion : bilan et solutions*. In : *Actes de la conférence sur les enjeux pour la conservation de la flore menacée des collectivités françaises d'Outre-Mer* (non publié), Conservatoire botanique national de Mascarin, 7 p.
- MALAVAL S., BOUTAUD M., HEDONT M., PROVENDIER D., DAO J., RUDI-DENCAUSSE A.S., GOURVIL J., BISCHOFF A., DUPOUEY J.L., FRASCARIA-LACOSTE N., CAMBECEDES J. & LARGIER G., en préparation. *Délimiter les zones biogéographiques de France métropolitaine pour conserver la biodiversité ? L'exemple des régions d'origine de la démarche « Végétal local »*.
- MCNEELY J.A. (ed.), 2001. *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland (Switzerland) & Cambridge (UK), 242 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 2022. *Plan d'action pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes (2022-2030)*. Paris, 72 p.
- MULLER S. (coord.), 2017. *Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes*. Ministère de l'Environnement, 44 p.
- PAUCHARD A., KUEFFER C., DIETZ H., DAEHLER C.C., ALEXANDER J., EDWARDS P.J., ARÉVALO J.R., CAVIERES L.A., GUISSAN A., HAIDER S., JAKOBS G., MCDUGALL K.L., MILLAR C.I., NAYLOR B.J., PARKS C.G., REW L.J. & SEIPEL T., 2009. Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **7** (9): 479-486.
- PAUCHARD A., MILBAU A., ALBIHN A., ALEXANDER J., BURGESS T.L., DAEHLER C.C., ENGLUND G., ESSL F., EVENGARD B., GREENWOOD G.B., HAIDER S., LENOIR J., MCDUGALL K.L., MUTHS E., NUÑEZ M.A., OLOFSSON J., PELISSIER L., RABITSCH W., REW L.J., ROBERTSON M.P., SANDERS N. & KUEFFER C., 2016. Non-native and native organisms moving into high elevation and high latitude ecosystems in an era of climate change: new challenges for ecology and conservation. *Biological invasions*, **18**: 345-353.
- ROEKAERTS M., 2002. *The Biogeographical Regions Map of Europe. Basic principles of its creation and overview of its development*. European Environmental Agency, 17 p.
- Roy H. E., Pauchard A., Stoett P., Renard Truong T., Bacher S., GALIL B. S., HULME P. E., IKEDA T., SANKARAN K. V., MCGEOCH M. A., MEYERSON L. A., NUÑEZ M. A., ORDONEZ A., RAHLAO S. J., SCHWINDT E., SEEBENS H., SHEPPARD A. W. & VANDVIK V., 2023. *Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental*

Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). IPBES secretariat, Bonn. 41 p.

RUZAF A., 2011. *Flora al·lòctona d'Andorra. Avaluació de risc d'invasió i d'idoneïtat d'establiment per a tres espècies significatives*. Universitat de Lleida. 292 p.

SANZ-ELORZA M., DANA-SÁNCHEZ E.D. & SOBRINO-VESPERINAS E. (eds), 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid. 384 p.

TAILLEFER F., 1948. L'altitude moyenne des régions naturelles des Pyrénées françaises. Essai d'interprétation morphologique. *Revue de géographie alpine*, **36** (1) : 145-160.

TERRIN, E., COTTAZ, C., FORT, N. VAN ES J., NOBLE V. & DIADEMA K., 2022. Regional strategy for invasive alien plant species: towards an integrative and biogeographic approach to the territory of Provence-Alpes-Côte d'Azur, France. *Biological Invasions*, **24** : 3581–3595.

TURPIN L., DAO J. & COTTAZ C., 2023. *Stratégie régionale relative aux plantes exotiques envahissantes d'Occitanie. Plan d'actions 2023-2032*. Conservatoire botanique national méditerranéen et Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 67 p.

UNION EUROPÉENNE, 2014. Règlement 1143/2014 du Parlement européen et du conseil du 22 octobre 2014 relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes. Parlement européen et Conseil de l'Europe. Journal officiel de l'Union européenne du 4 novembre 2014.

WEBER E. & GUT D., 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. *Journal for Nature Conservation*, **12**: 171-179.

Ressources en ligne consultées

AGENCE NATIONALE DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES (ANCT), 2015. Le périmètre officiel du massif des Pyrénées au titre de la loi "montagne" du 9 janvier 1985. Disponible sur <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/perimetre-de-massif-30382878/#/resources> (consulté le 12/12/2024).

DÉLÉGATION INTERMINISTÉRIELLE À L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET À L'ATTRACTIVITÉ RÉGIONALE (DATAR), 2013. Schéma interrégional d'aménagement et de développement du Massif des Pyrénées. 153 p. Disponible sur : https://www.prefectures-regions.gouv.fr/occitanie/irecontenu/telechargement/78917/510116/file/schema_massif_approuve_2013+CR.pdf (consulté le 12/12/2024).

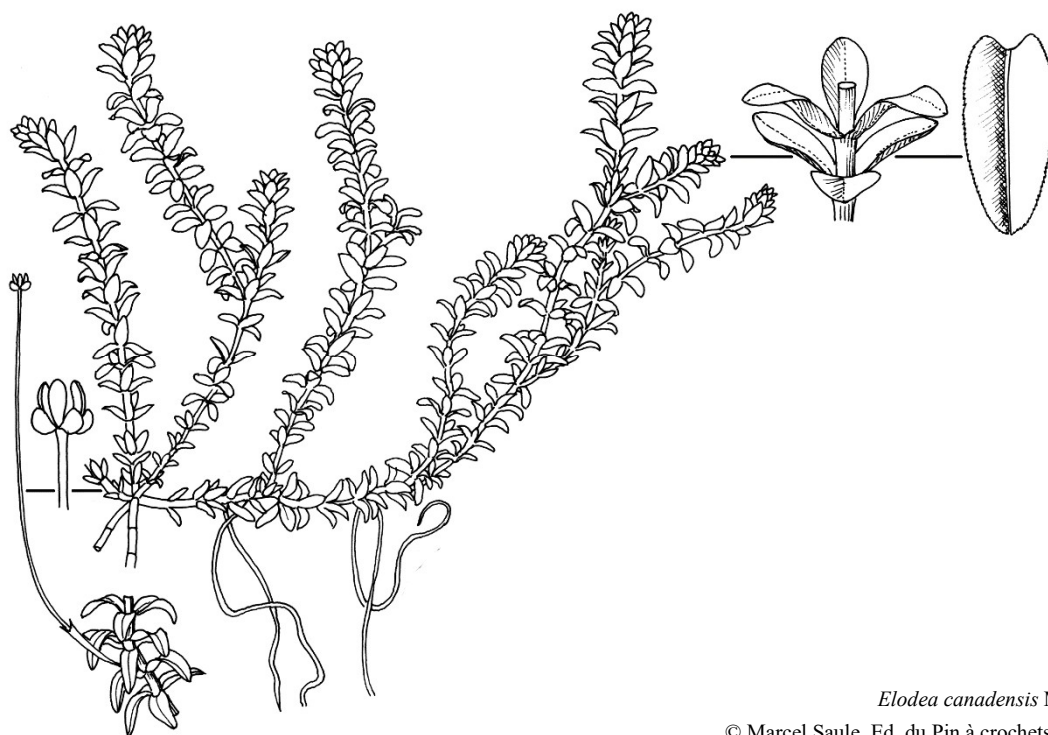
FLORAPYR, Atlas de la flore des Pyrénées, programme de coopération transfrontalière dans le cadre de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique. Disponible sur : <https://www.atlasflorapyrenaea.eu/> (consulté le 28/08/2024).

GOBIERNO DE ARAGÓN, 2025. Especies Invasoras de fauna y flora de Aragón. Disponible sur : <https://www.aragon.es/-/especies-invasoras-de-flora> (consulté le 28/08/2024).

INSEE ANALYSES, 2021. Massif des Pyrénées, une organisation façonnée par la géographie. Disponible sur : <https://www.prefectures-regions.gouv.fr/occitanie/Region-et-institutions/L-action-de-l-Etat/Massif-des-Pyrenees/Presentation-du-massif/Presentation-du-massif> (consulté le 28/08/2024).

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, 2023. *Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras*. Disponible sur : <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.html> (consulté le 28/08/2024).

VÉGÉTAL LOCAL, 2021. Régions d'origine et unités naturelles. Disponible sur : https://umap.openstreetmap.fr/fr/map/vegetal-local-regions-dorigine-et-unites-naturell_656487#7/46.548/3.658 (consulté le 12/12/2024).



Elodea canadensis Michx.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

HACIA LA CATALOGACIÓN DE LAS PLANTAS ALÓCTONAS DE LOS PIRINEOS: ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS PATRONES DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y TEMPORAL

Javier MARTÍNEZ-FUENTES^{1*}, Eduard LÓPEZ-GUILLÉN¹, Neus NUALART¹ & Jordi LÓPEZ-PUJOL^{1,2}¹Instituto Botánico de Barcelona, IBB (CSIC-CMCNB), Pg. del Migdia s/n. E-08038 Barcelona²Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Espíritu Santo (UEES), ECU-091650 Samborombón*autor de correspondencia: javiermarfu20@gmail.com[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]**Resumen**

A partir de un listado preliminar de la flora alóctona pirenaica se ha realizado un estudio de los patrones de distribución geográfica y temporal. La mayoría han llegado recientemente y el sector con más taxones es el más oriental. Con los datos disponibles en 2022, este listado alcanzaría los 608 taxones en sus casi 63.000 km² de extensión y, por tanto, nos permite calificar a los Pirineos como un hotspot de flora alóctona.

Palabras clave: plantas alóctonas, Pirineos, catálogo, distribución.

Résumé : Vers le catalogage des plantes exotiques des Pyrénées : étude préliminaire des schémas de distribution géographique et temporelle

Sur la base d'une liste préliminaire de la flore exotique pyrénéenne, une étude des schémas de distribution géographique et temporelle a été réalisée. La plupart des taxons sont arrivés récemment et le secteur le plus riche en taxons est le plus oriental. Avec les données disponibles en 2022, cette liste atteindrait 608 taxons dans ses presque 63.000 km² d'extension et nous permet donc de qualifier les Pyrénées de hotspot de flore exotique.

Mots clefs : plantes exotiques, Pyrénées, catalogue, distribution.

Abstract: Towards the cataloging of alien plants of the Pyrenees: preliminary study of the patterns of geographic and temporal distribution

Based on a preliminary list of the non-native Pyrenean flora, a study of its geographic and temporal distribution patterns has been carried out. Most of them have arrived recently, being the easternmost Pyrenees the area with more taxa. With the data available in 2022, this list contains up to 608 taxa in an area of almost 63,000 km² and therefore, allows us to qualify the Pyrenees as a hotspot of non-native flora.

Keywords: non-native plants, Pyrenees, catalogue, distribution.

Introducción

Aunque la flora de los Pirineos viene siendo estudiada desde hace siglos (Vigo, 1976), no ha sido hasta recientemente que se ha realizado por primera vez una catalogación integrada de la flora de esta cordillera gracias a diferentes proyectos financiados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del programa INTERREG POCTEFA (<https://www.poctefa.eu/>). Actualmente, el *Atlas de Flora de los Pirineos* (<https://atlasflorapyrenaea.eu/>), producto de dichos proyectos, incluye un total de 5219 taxones de los cuales un mínimo de 3654 se considera autóctonos con presencia confirmada en la cordillera posteriormente a 1960 y del resto (1565 taxones) solo están indicados como alóctonos 462. Esta gran diversidad florística puede explicarse por la gran variabilidad de condiciones climáticas, topográficas, geológicas y ecológicas que caracterizan a la región. Además, los Pirineos son especialmente representativos de los principales desafíos climáticos que existen actualmente en las zonas de montaña (McDowell & al., 2019; Albrich & al., 2020). En concreto, este territorio está gravemente amenazado por los efectos del cambio climático como, por ejemplo, el aumento de las temperaturas medias (Cuadrat & al., 2024). También es vulnerable a los efectos que estas modificaciones producen

sobre la biodiversidad, como la desertificación (Carvalho & al., 2022) y las migraciones altitudinales (Pérez-García & al., 2013). Todos estos cambios, a su vez, favorecen la introducción y el establecimiento de la flora alóctona (Hughes, 2000).

Aunque los Pirineos son un territorio mayormente natural, la actividad humana ha estado presente desde la antigüedad (Gassiot & al., 2017); ésta, tradicionalmente ligada a la agricultura y, especialmente, a la ganadería, está dejando lugar a nuevos fenómenos como la despoblación y el turismo, a día de hoy los grandes factores de estrés de los ecosistemas pirenaicos (Zango-Palau & al., 2024). En estas comunidades alteradas por la actividad humana, la introducción de especies se ve facilitada (Chytrý & al., 2009). En ocasiones, la aparición de espacios bióticos vacíos (*empty niches*) facilita el asentamiento de flora que no es propia del lugar, que puede colonizar la nueva área sin que exista competencia (Mack & al., 2000). Estas especies a menudo se comportan como oportunistas y pioneras y aprovechan los espacios vacíos para su colonización: zonas afectadas por el fuego, zonas sometidas al abandono de tierras, zonas húmedas y de ribera donde la vegetación natural ha sido destruida (vertidos, extracciones, obras, etc.) y zonas alteradas por la construcción de infraestructuras (carreteras, canales de riego, pistas de esquí) o el desarrollo urbanístico. Se ha demostrado la existencia de una clara relación entre la densidad de plantas alóctonas invasoras en los países europeos y variables socioeconómicas y de uso del suelo (Vilà & Pujadas, 2001), por lo que los hábitats o lugares que están perturbados a lo largo del tiempo son más susceptibles de ser invadidos por estas especies que los situados en zonas más estables desde el punto de vista ecológico.

Actualmente, se calcula que miles de plantas alóctonas se introducen de forma regular solo en la región mediterránea (Sanz & al., 2004). Por ello, existe un interés cada vez más importante en el estudio de la capacidad de invasión de estas especies y el impacto que provocan en la biodiversidad de las comunidades vegetales (Pyšek & al., 2020). Para ello, el primer paso es la elaboración de catálogos florísticos, de especial relevancia para el conocimiento de la flora alóctona y de gran utilidad en relación con su gestión (particularmente en acciones de prevención y detección temprana; McGeoch & al., 2012). En el caso de los Pirineos, a día de hoy todavía no existe un catálogo razonado de la flora alóctona, aunque en el *Atlas de Flora de los Pirineos* (al que nos referiremos como '*Atlas*' a partir de ahora) aparecen 462 taxones indicados como tal. Por otro lado, existen diferentes estudios detallados y exhaustivos pero que, o bien son parciales (no cubren la totalidad de los Pirineos), bien cubren otros territorios además de los Pirineos y, además, en muchos casos acusan el paso de los años.

Respecto al lado sur de la cordillera pirenaica, existen diferentes catálogos regionales de flora alóctona aunque la gran mayoría no incluyen información alguna sobre la distribución de las especies y, por tanto, no se pueden identificar aquellas que aparecen en los Pirineos. El listado más completo es el de Aymerich & Sáez (2019) para Cataluña en el que se incluyen 1068 taxones alóctonos, de los cuales 407 se encuentran en los Pirineos catalanes. Este listado ha sido recientemente ampliado en Sáez & Aymerich (2021) alcanzando los 440 taxones alóctonos en los Pirineos catalanes. En Aragón existen dos estudios generalistas: uno centrado en los Pirineos aragoneses, con solo 164 plantas alóctonas y que representan el 7% del total de la flora del territorio (García & Gómez, 2007), y otro que engloba toda la comunidad autónoma y donde se contabilizan 313 especies alóctonas, 24% de las cuales manifestaban carácter invasor (Sanz & *al.*, 2009). En el País Vasco, el primer catálogo sobre la flora introducida fue elaborado por Campos & Herrera (1997) y aportó 236 taxones (un 10% de la flora de ese territorio). Esta cifra se ha visto incrementada hasta los 393 taxones (Campos, 2000) y, unos años más tarde, hasta 478 especies (un 20,8% de la flora total), de las cuales 86 (un 18%) muestran un carácter invasor (Campos & Herrera, 2009). Finalmente, en la Comunidad Foral de Navarra, Lorda (2013) contabiliza 222 plantas alóctonas que representan un 7,9% de la flora total de este territorio.

En cuanto al lado norte de la cordillera, se han dado a conocer varias listas de plantas alóctonas presentes en diferentes regiones administrativas. Un ejemplo es la lista creada por el *Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles* (CBNMed) y el *Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées* (CBNPMP), donde se han catalogado 971 plantas alóctonas de la región de Occitania, de las cuales 375 se consideran presentes en los Pirineos (Cottaz & *al.*, 2021). Por otro lado, Prud'homme & *al.* (2021) han listado un total de 329 plantas alóctonas invasoras de la región de Pyrénées et Midi-Pyrénées de las que han evaluado su presencia en hábitats de interés comunitario y su grado de invasión.

En este artículo se presentan los resultados de un estudio, llevado a cabo durante el proyecto FLORAPYR AVANCE. Gracias a la recopilación de los taxones considerados como alóctonos en el *Atlas* y en otras fuentes, se ha podido llevar a cabo un primer análisis de los patrones de distribución temporal y geográfica de la flora alóctona dentro de la cordillera. Específicamente, (1) se analiza la evolución cronológica de los registros para caracterizar el patrón de penetración temporal de la flora alóctona en los Pirineos y (2) se elaboran mapas de distribución de todas las especies que se recogen en la lista actualizada, con el fin de poder identificar posibles áreas en las que se concentra la flora alóctona, información que puede ser de gran utilidad para establecer medidas de prevención y control.

Metodología

El área de estudio de este trabajo es aquella ya definida en el *Atlas* y que ha sido delimitada por el Observatorio Pirenaico del Cambio Climático (OPCC; <https://www.opcc-ctp.org/>). Ésta incluye un total de 640 cuadrículas UTM (*Universal Transverse Mercator*) 10 × 10 km, que comprenden toda la cordillera de los Pirineos y los territorios cercanos, desde el Cap de Creus en Cataluña hasta la costa cantábrica en el País Vasco. La superficie total aproximada es de unos

63.000 km² y no los esperables 64.000 km², ya que algunas cuadrículas de los Pirineos centrales presentan una superficie menor a 100 km² debido al cambio de huso, mientras que otras de los extremos oriental y occidental tienen alguna parte que comprende zonas marítimas.

Como punto de partida para la mejora de la catalogación de las plantas introducidas presentes en los Pirineos, se han seleccionado los taxones indicados como alóctonos en el *Atlas* con fecha julio de 2021. Con ello, se ha obtenido un listado de 462 taxones, al que se han incorporado los datos de dos listados suplementarios: (1) la lista de 407 plantas alóctonas de Cataluña presentes en los Pirineos según Aymerich & Sáez (2019) y (2) una lista de 57 plantas alóctonas citadas previamente en los Pirineos realizada a partir de datos del herbario BC del Instituto Botánico de Barcelona y del Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña (*Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya*; <http://biodiver.bio.ub.es/biocat>). No se han incluido los dos listados mencionados anteriormente de la vertiente francesa (Cottaz & *al.*, 2021; Prud'homme & *al.*, 2021) porque se publicaron con posterioridad a la elaboración de los análisis. A partir del cruce de las tres listas se eliminaron los posibles duplicados debido a criterios taxonómicos diferentes al usado por el *Atlas* y se realizó una investigación documental consultando artículos, mapas, tesis y otras publicaciones, con el objetivo de confirmar la inclusión de aquellos taxones alóctonos no presentes originalmente en el *Atlas*. Seguidamente, se validaron los taxones que estaban presentes en menos de 10 cuadrículas UTM (es decir, aquellos más raros) a partir de bibliografía, pliegos de herbario y datos de ciencia ciudadana, con el fin de comprobar si las observaciones eran correctas y si existían referencias bibliográficas que las apoyaran.

Para analizar la evolución temporal de la introducción de plantas alóctonas en los Pirineos se ha tenido en cuenta el año de la primera cita en el área de estudio. El número total de registros equivalentes a esta primera cita (para cada taxón, pero también para cada cuadrícula UTM de todos los taxones observados) asciende a 15.967, de los cuales 11.581 están fechados. Esta fecha debe considerarse como el tiempo mínimo de invasión (*minimum invasion time*; Seebens & *al.*, 2021) puesto que la especie podría haberse introducido mucho antes de su primer registro. Aun así, este análisis puede dar una idea aproximada de la aparición y ampliación de la distribución de esta flora a lo largo de la cordillera y, de hecho, esta equivalencia entre “año de citación” y “año de introducción” no es inusual en estudios de flora alóctona (véase p. ej. Pyšek & *al.*, 2003).

Con los datos de presencia de cada una de las especies del listado preliminar de taxones alóctonos, se ha elaborado un mapa global que recoge el número de especies por celda (de 10 × 10 km) para poder identificar cuáles son las zonas que muestran una mayor diversidad de plantas alóctonas. Además, el aumento en el número de observaciones de estas especies se ha representado a través de una serie de mapas acumulativos por periodos. El mapa se ha realizado a partir de las citas incluidas en el *Atlas* con fecha de julio de 2021 y, para aquellos taxones sin citas, éstas se han extraído del Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña y de la bibliografía. Para obtener el mapa se ha utilizado el programa ArcGIS v.10.8.1 (ESRI, Redlands, CA, Estados Unidos de América).

Resultados y discusión

Situación general de la flora alóctona de los Pirineos

Según la lista preliminar obtenida, la flora alóctona de los Pirineos asciende a 608 taxones incluyendo especies, subespecies e híbridos (aquellos rangos taxonómicos usados en el *Atlas*, donde el rango más bajo es el de subespecie). Este número, aunque aún provisional, supone un aumento significativo respecto al número de taxones indicados como alóctonos en el *Atlas* (concretamente, se han recogido 146 taxones más, lo que incrementa el listado en un 31,6%). Esta cifra engloba al conjunto de la cordillera e incluye tanto especies naturalizadas, ya sean invasoras o no, como ocasionales (*casual*). Aunque se trata de una lista preliminar, permite hacer comparaciones con el número de alóctonas de otras regiones, asumiendo equivalencia en el esfuerzo de muestreo. En el caso de los Alpes, según Aeschmann & al. (2004) el número de taxones alóctonos presentes en esta cordillera es menor al de los Pirineos (509), aunque se debe tener en cuenta que han pasado dos décadas desde la catalogación de la flora alóctona alpina. Aun con esta limitación, este hecho es especialmente remarcable si se tiene en cuenta que los Alpes tienen una extensión que prácticamente triplica la de los Pirineos (170.000 km² de los Alpes frente a los 63.000 km² de los Pirineos). A nivel de Europa, según Kalusová & al. (2024) el número de taxones alóctonos es de 7335 (1534 en España y 1492 en Francia) y, por tanto, la flora alóctona pirenaica representaría un 8,3% del total para Europa y un 39,6% y un 40,7% para España y Francia respectivamente. Teniendo en cuenta que los Pirineos ocupan solo un 0,6% del territorio de toda Europa (63.000 km² respecto a 10,19 millones de km²) y que su flora alóctona supone un gran porcentaje respecto a la de los países que los integran, esta cordillera puede considerarse como un *hotspot* o centro de riqueza de plantas alóctonas a nivel continental.

Esta elevada diversidad de taxones alóctonos en los Pirineos está probablemente ligada a su heterogeneidad ecológica, a su intensa antropización y, también, al relativamente buen conocimiento de su flora local desde el siglo XIX. Otro factor a tener en cuenta es que una parte nada desdeñable de los Pirineos presenta hábitats con una clara influencia litoral –la cordillera de hecho se hundió literalmente en el mar, como sucede en el Ampurdán (*Empordà*), en su extremo oriental–, lo que permite que en muchas áreas de montaña baja puedan prosperar elementos florísticos provenientes de climas suaves o incluso relativamente cálidos –p. ej. crasuláceas (15 taxones, un 2,5%) o cactáceas (8 taxones, un 1,3%, además de otros tipos de suculentas); figura 1–. Por otro lado, determinadas zonas de los Pirineos, especialmente las más orientales, coinciden con regiones con gran actividad turística (norte de la Costa Brava/Cap de Creus y alrededores), mientras que otras son muy cercanas (<50 km) a una de las principales regiones metropolitanas del sur de Europa, la de Barcelona (con más de 5,5 millones de habitantes). Los factores humanos como la urbanización (un fenómeno que muchas veces acompaña al desarrollo turístico, especialmente en el sur de Europa) juegan un papel fundamental en la introducción y el establecimiento de especies alóctonas (Kowarik, 2008; Basnou & al., 2015). El uso y el comercio de plantas ornamentales asociadas a estas zonas urbanas son unas de las principales causas de introducción de estas especies en el medio natural.



Figura 1: Una de las poblaciones pirenaicas de *Agave americana* L. (Useu, Lérida, España, 42,31°N, 1,09°E), en vías de naturalización (imágenes de J. López-Pujol, tomadas en 2018).

Como ya se ha comentado, este número de plantas alóctonas debe ser considerado como provisional, ya que no se ha realizado un vaciado exhaustivo de toda la información, además de que puede haber especies que hayan pasado desapercibidas hasta ahora, o bien no hayan sido dadas a

conocer debidamente por los botánicos. Relacionado con este último punto, la incorporación de datos provenientes de portales de ciencia ciudadana (como iNaturalist), siempre teniendo en cuenta la presencia de sesgos y datos erróneos (López-Guillén & *al.*, 2024), podría hacer crecer el listado de plantas introducidas, como ya se ha hecho para la flora alóctona de montaña de Sudáfrica (Canavan & *al.*, 2021). El incremento de taxones de la flora alóctona pirenaica que aquí reportamos posiblemente se enmarca dentro de la tendencia global de crecimiento del número de plantas alóctonas presentes en zonas montañosas (un 16% de media en los últimos 5-10 años con datos recogidos de 11 regiones montañosas de cuatro continentes diferentes; Iseli & *al.*, 2023). Esta tendencia muy probablemente se deba a la confluencia de una serie de factores que incrementan la presión de propágulo (como el desarrollo urbanístico de las zonas de montaña y la mejora de los accesos y las comunicaciones). El calentamiento global (de especial relevancia en los Pirineos, uno de los sistemas montañosos europeos a los que más afectará; Herrando-Moraira & *al.*, 2022) puede contribuir a futuros aumentos de los contingentes de flora alóctona, puesto que las modificaciones en el clima pueden disminuir la resistencia biótica de los hábitats a las invasiones biológicas (Pauchard & *al.*, 2009). Además, el cambio climático puede favorecer directamente a las especies invasoras acelerando su ciclo reproductivo, lo que puede permitir que una población pequeña supere antes el umbral del efecto Allee –la dificultad que tienen las poblaciones pequeñas para crecer debido a la escasez de individuos, parejas reproductoras, cooperación, etc. – (Taylor & Hastings, 2005).

Distribución geográfica

Con los datos analizados hasta 2021, en el 90% de las cuadrículas UTM se ha citado al menos una planta alóctona. La distribución de esta flora alóctona no es uniforme, ni en el eje este-oeste ni en el eje norte-sur. Así, la zona litoral oriental presenta un mayor número de taxones no-nativos que el interior de los Pirineos (figura 2). Esta distribución era esperable, ya que esta es la zona más antropizada de los Pirineos, con una gran actividad turística y comercial: la Côte Vermeille y, especialmente, la Costa Brava, atraen a un

gran número de visitantes –según datos oficiales, la Costa Brava recibió casi 7,5 millones de turistas en 2023 (PTCB, 2024)– y las carreteras y autopistas (lugares perturbados y posibles corredores de dispersión para estas plantas) que comunican España y Francia por el lado mediterráneo están entre las más concurridas de Europa. Además, esta zona está bajo la influencia directa de grandes urbes (Barcelona, Perpiñán y Gerona). Esta antropización favorece la llegada y establecimiento de nuevas especies alóctonas ligadas a la jardinería y al comercio. Dentro de la zona oriental, cabe destacar los 209 taxones alóctonos de la Cerdaña, un número muy elevado comparándolo con el total de la cordillera (Martínez-Fuentes & *al.*, 2024), y que se debe a una gran heterogeneidad ecológica (que abarca desde bosques de ribera a 900 m hasta prados alpinos cerca de los 3000 m) y a su intensísima antropización (p. ej. según Pont (2023) la Cerdaña presenta una tasa de viviendas iniciadas por cada 1000 habitantes casi diez veces superior a la de las tres comarcas catalanas vecinas).

Por otro lado, las cuadrículas UTM de la vertiente norte presentan una mayor riqueza de taxones alóctonos que las de la española, lo que puede explicarse por una mayor densidad de población en esta vertiente (Eurostat, 2017). Los UTM sin presencia de registros en los Pirineos (un 10% del total) se sitúan casi todos en la vertiente española, en zonas con muy poca población (Eurostat, 2017) y/o zonas que están sufriendo las tasas de despoblación más acusadas, como por ejemplo las comarcas aragonesas de las Cinco Villas y el Sobrarbe, las navarras de Montejurra, Pirineo (Pirinioak) y Sakana, la comarca vasca de Campezo-Montaña Alavesa (*Arabako Mendialdea*) o la comarca castellano-leonesa de Las Merindades (Zúñiga-Antón & *al.*, 2022). Hay que tener en cuenta, además, que en la vertiente francesa los *Conservatoires botaniques nationaux* realizan un ingente trabajo de campo con registros de alto grado de precisión; en cambio, en la vertiente española, actualmente se realizan pocos estudios florísticos a gran escala y muchos de los datos disponibles son antiguos y poco precisos (hasta el punto de no poder asignar una cuadrícula UTM de 10 × 10 km).

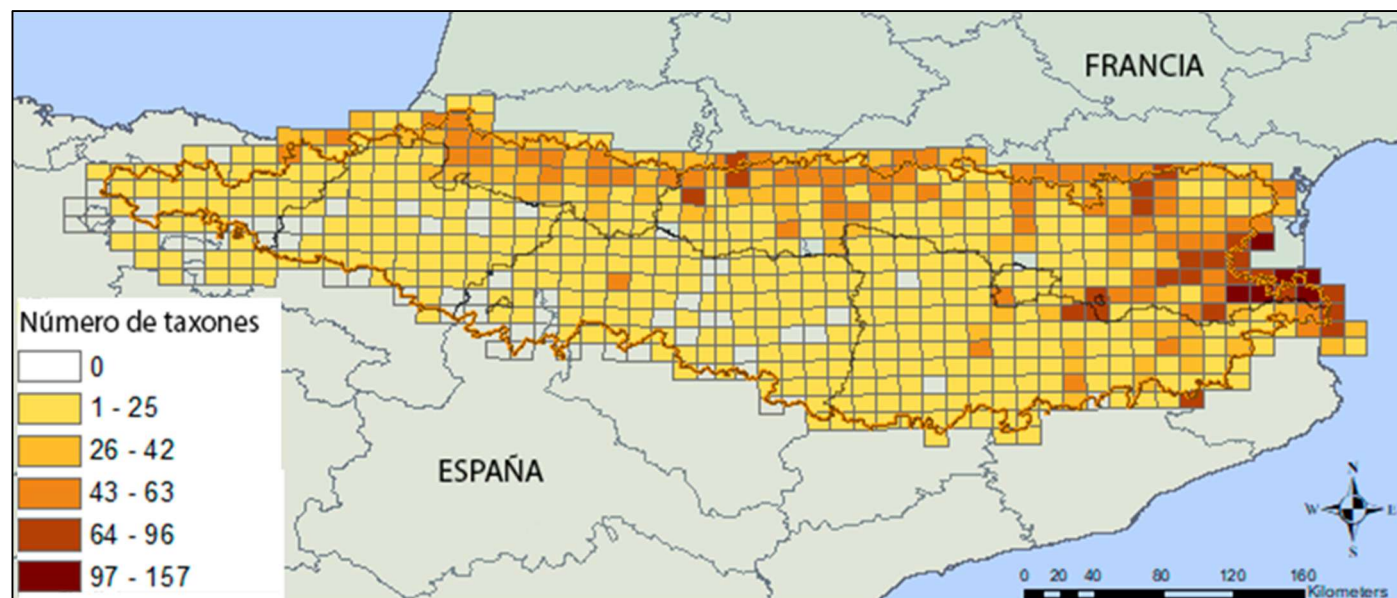


Figura 2: Distribución de las plantas alóctonas en los Pirineos con los datos obtenidos hasta el año 2021 por cuadrícula UTM de 10 × 10 km. El perímetro ha sido delimitada por el OPCC.

Evolución temporal de las citas

El espectro temporal de las primeras citas de un taxon en un UTM, considerando todos los taxones, es amplio, y va desde 1795 hasta la actualidad (en este caso hasta 2021, ya que este trabajo se realizó en 2022). Las citas más antiguas corresponden a *Lolium multiflorum* Lam., de la que existe un pliego recolectado por Louis Ramond de Carbonnières en 1795 (<https://www.gbif.org/occurrence/3943311539>), *Ceratonia siliqua* L., citada por Philippe-Isidore Picot de Lapeyrouse (1818: 150), y *Datura stramonium* L., citada por George Benthams (1826: 74). Las dos primeras citas no pueden asociarse a ningún UTM, ya que sus autores se refieren a los Pirineos de forma amplia. Según nuestros resultados todas las especies deberían considerarse neófitos para los Pirineos (taxones introducidos después de 1500) aunque no descartamos la posibilidad que alguno hubiera llegado con anterioridad (por ejemplo, plantas asociadas a cultivos como *Centaurea cyanus* L. de la que no se conocen citas anteriores al s. XIX).

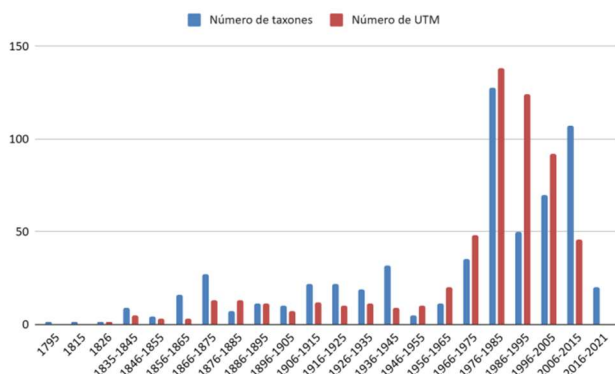


Figura 3: Evolución temporal de las primeras citas de los taxones alóctonos registrados en los Pirineos ($N = 608$; en azul) y de la ocupación de cuadrículas UTM (registro del primer taxón alóctono que aparece en una determinada cuadrícula) ($N = 576$; en rojo).

Tanto el patrón temporal de citaciones de taxones alóctonos (Fig. 3) como el de ocupación de cuadrículas UTM (independientemente del taxón que lo ocupe; Fig. 3) y el combinado (primeras citas de cada taxón para cada una de las cuadrículas UTM en que se ha detectado; Fig. 4) no son constantes a lo largo del periodo total de los datos. Se estima que las primeras citas de plantas alóctonas son anteriores a 1975 para 233 taxones en 176 UTM; en otras palabras, a mediados de la década de 1970 ya se habían citado más de un tercio de los taxones presentes en los Pirineos a día de hoy y estos se encontraban repartidos en un 27,5% de las cuadrículas UTM estudiadas. Solamente durante el período 1976-1985 se citaron por primera vez 128 taxones en 138 UTM y, de hecho, se observa un claro aumento de primeras citas a partir de finales de los años 70 e inicios de los años 80 (Fig. 4), época en que proliferaron las tesis doctorales (o tesinas) florísticas centradas en la cordillera; algunos ejemplos de estos estudios son *La vegetación del Pirineo occidental. Estudio florístico y geobotánico-ecológico* (Villar, 1980), *Estudi sobre la composició florística, l'ecologia i la tipologia de les pastures montanes de la Cerdanya* (Font, 1983), *Flora i vegetació del Montsec (prepirineus catalans)* (Romo, 1983), *Flora y vegetación del macizo de Cotiella y la Sierra de Chía (Pirineo aragonés)* (Montserrat, 1986) o *Flòrula de la vall Fosca (Pirineus Centrals)* (Pineda, 1986). Por otro lado, la apertura de los túneles del Cadí (en 1984) y de

Puymorens (en 1994), junto con la finalización de las obras de la autopista A64 (*La Pyrénéenne*) en 1998, han favorecido la accesibilidad y fomentado la circulación de personas, lo que ha ayudado a que nuevas especies se establezcan en la cordillera. La mejora de los accesos (tanto por carretera como por ferrocarril) está sin duda detrás del aumento de la presencia de especies alóctonas en regiones montañosas, tal y como demuestran numerosos estudios (p. ej. Kosaka & al., 2010; Vorstenbosch & al., 2020; Rashid & al., 2021); estas vías de comunicación actúan como corredores y agentes dispersores, proporcionan hábitats adecuados y contienen reservorios de propágulos para futuras invasiones (Parendes & al., 2000). Además, este proceso, tal y como ya hemos comentado anteriormente, debe englobarse dentro de un fenómeno de invasión dinámico y progresivamente activado por la acción humana globalizante que tiende a permeabilizar cada vez más las barreras existentes (biogeográficas, comerciales, económicas, políticas, culturales, etc.). Así, según Hulme & al. (2009) en Europa se estaría en una fase clara de aceleración de las invasiones desde los años 70 fruto de la globalización, principalmente debido al crecimiento del comercio. También, como dato revelador, a nivel global una cuarta parte de los primeros registros de especies alóctonas durante el período 2000-2005 correspondían a especies que nunca se habían detectado previamente (Seebens & al., 2018).

Las primeras citas por UTM para todos los taxones alóctonos observados en los Pirineos realizadas después de 1975 representan el 96% del total y después de 2005 representan el 64% (Fig. 4), reforzando la idea de una introducción y propagación acelerada de especies no-nativas en las zonas de montaña en tiempos recientes. Si bien este aumento tan acusado de registros durante las últimas 2-3 décadas probablemente sea cierto, hay que tener en cuenta las carencias que presenta la documentación de registros en el pasado, sobre todo para las alóctonas no establecidas (mucho más difíciles de detectar debido a que habitualmente presentan poblaciones pequeñas y efímeras lo que podría ocasionar un sesgo en este tipo de citas).

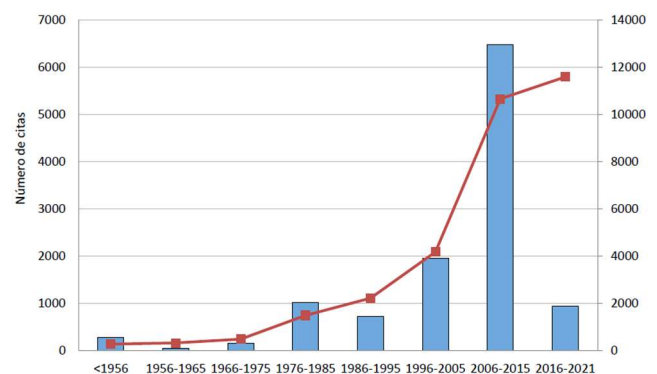


Figura 4: Evolución temporal y curva de acumulación de las primeras citas de todos los taxones registrados en los Pirineos en cada una de las cuadrículas UTM en las que éstos se han observado ($N = 11.581$).

Respecto a la evolución espacio-temporal de los registros de alóctonas en los Pirineos, los mapas que se presentan en la Fig. 5 permiten comprobar que antes de 1900 apenas existían algunas citas, que se situaban casi exclusivamente en el noreste de Cataluña y el sur de Francia (ocupando 54 cuadrículas UTM). Durante la primera mitad del siglo XX

se añaden nuevos registros y se produce un incremento de casi el doble respecto al período anterior por lo que refiere al número de cuadrículas UTM con presencia de taxones alóctonos. De 1950 a 1980, aparecen los primeros registros de plantas alóctonas en los Pirineos aragoneses, navarros y vascos, y se llena casi un tercio de toda la superficie estudiada. Antes del año 2000, un 72,5% del área presentaba ya taxones alóctonos, y en los 21 años posteriores este porcentaje alcanzó el 90%.

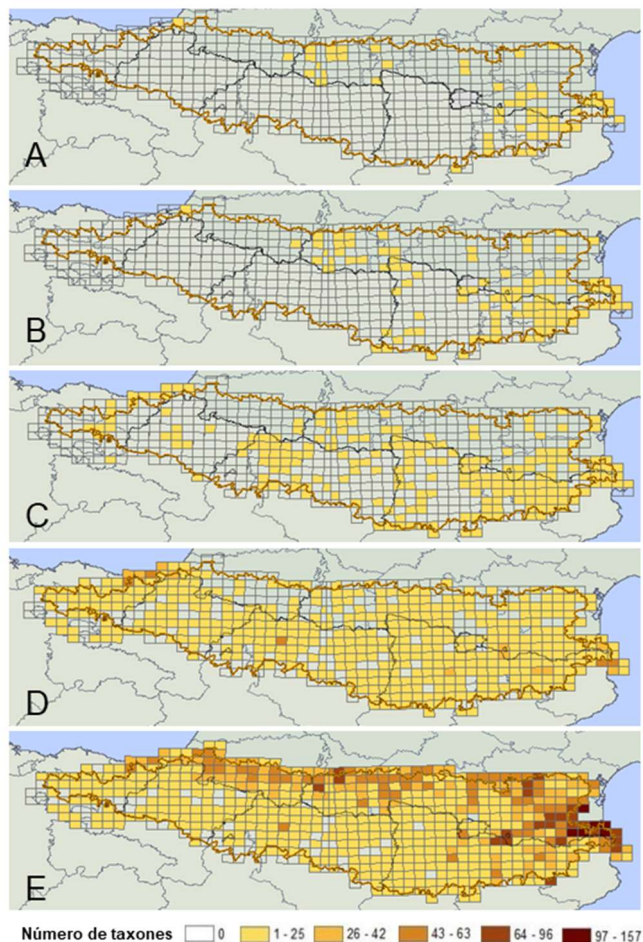


Figura 5: Evolución espacio-temporal de las primeras citas de plantas alóctonas en los Pirineos para cada una de las cuadrículas UTM que éstos ocupan a día de hoy (mapas acumulativos): A. registros anteriores a 1900 (54 UTM, 8,4% de las 640 UTM posibles); B. registros anteriores a 1950 (101 UTM, 15,8%); C. registros anteriores a 1980 (209 UTM, 32,6%); D. registros anteriores al año 2000 (465 UTM, 72,5%); E. registros anteriores a 2022 (576 UTM, 90%).

Conclusiones y siguientes pasos

Este estudio ha permitido delinear los patrones de distribución geográfica y temporal de la flora introducida de los Pirineos, lo que permite empezar a diseñar, aún de forma preliminar y orientativa, algunas estrategias de prevención, control y gestión.

Sin duda el siguiente paso es completar la catalogación de la flora alóctona de los Pirineos mediante la inclusión de nuevos datos y la revisión exhaustiva de los existentes. Una fuente muy importante de datos son los portales de ciencia ciudadana, particularmente iNaturalist. A día de hoy ya no resulta prudente obviar los datos de los portales de la también llamada ciencia comunitaria o ciencia pública, puesto que este tipo de registros ya suponen casi el 87% (GBIF, 2024) del total de registros del mayor portal de

biodiversidad del planeta, GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*). Un análisis preliminar muestra que habría cerca de 160 taxones alóctonos no incluidos en este primer listado provisional con algún registro de iNaturalist en los Pirineos; no obstante, es necesaria una validación de estos datos para asegurarse de que los individuos observados sean efectivamente espontáneos y no cultivados, es decir, que sean efectivamente individuos escapados. Además de proveer nuevos taxones, iNaturalist puede ser útil para aumentar el número de localidades de cada taxón. A modo de ejemplo, el simple ejercicio de comparar entre los registros del *Atlas* y los de iNaturalist con una especie tan conocida como *Senecio inaequidens* DC. permite entrever que los datos recogidos en el portal de ciencia ciudadana permitirían aumentar hasta en un 17% el número de cuadrículas UTM con presencia de esta especie invasora sudafricana. En este sentido, resulta necesario potenciar el uso del proyecto de iNaturalist de los Pirineos (ya lanzado en 2022 pero a día de hoy todavía con escasos resultados; Pizarro & *al.*, 2022) para animar a la ciudadanía a hacer observaciones de flora y, de esta manera, aportar datos útiles para el proyecto. Justamente, como parte de las actividades programadas dentro del proyecto FLORAPYR 3D (2024-2026), se realizarán algunos eventos de tipo Bioblitz en diferentes ubicaciones de la cordillera pirenaica para potenciar la realización de registros por parte del público general mediante la plataforma iNaturalist. Otras fuentes de datos fundamentales son aquellas que poseen los dos *Conservatoires botaniques nationaux* franceses con competencia en la flora de la cordillera (CBNMed y CBNPMP) y que, a día de hoy, están pendientes de confirmar su estatus de autoctonía/alóctonía. Finalmente, no hay que descartar los datos provenientes de los herbarios más importantes de la región como JACA (del Instituto Pirenaico de Ecología), BC (del Instituto Botánico de Barcelona), BCN (de la Universidad de Barcelona) o MPU (de la Universidad de Montpellier), teniendo en cuenta que dichos datos han demostrado ser una fuente imprescindible para el conocimiento de la biodiversidad y la conservación (Nualart & *al.*, 2017). La revisión exhaustiva de pliegos de herbario puede aportar nuevas citas antiguas que aumentan el conocimiento de la llegada y expansión de una especie alóctona en una determinada región (Pérez-Lorenzo & *al.*, 2023).

Por otro lado, resulta imprescindible la categorización y clasificación de todos los taxones recogidos según su estadio de invasión. Este proceso facilitará la identificación de patrones de dispersión y establecimiento de cada taxón, lo que a su vez contribuirá a una mejor comprensión de los riesgos ecológicos asociados a su presencia. Dicha clasificación será clave para la priorización de especies en función de su bajo o alto impacto ambiental (Solan & *al.*, 2024) y su potencial de expansión, lo que permitirá diseñar estrategias de control y gestión más eficientes. La información obtenida servirá como base para la toma de decisiones en políticas de conservación, restauración ecológica y mitigación de los efectos de las especies invasoras en los ecosistemas afectados.

Agradecimientos

Queremos agradecer a David Pérez Prieto, autor de la tercera lista de taxones usados en la metodología, por la revisión concienzuda del manuscrito, y a Guilhem de Barros y Xavier Font por el aporte de datos del *Atlas* y el BDBC, respectivamente. Este trabajo ha

sido posible gracias a los proyectos FLORAPYR AVANCE (EFA322/19) y FLORAPYR 3D (EFA064/01) – Programa europeo transfronterizo de Cooperación Territorial “Interreg V-A” ESPAÑA-FRANCIA-ANDORRA y 2021-SGR00315 (“Ajuts a Grups de Recerca Consolidats”) de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografia

- AESCHIMANN D., LAUBER K., MOSER D.M. & THEURILLAT J.-P., 2004. *Flora alpina* 1-3. Haupt. Berna, 2669 p.
- ALBRICH K., RAMMER W. & SEIDL R., 2020. Climate change causes critical transitions and irreversible alterations of mountain forests. *Global Change Biology*, **26**: 4013-4027.
- AYMERICH P. & SÁEZ L., 2019. Checklist of the vascular alien flora of Catalonia (northeastern Iberian Peninsula, Spain). *Mediterranean Botany*, **40**: 215-242.
- BASNOU C., IGUZQUIZA J. & PINO J., 2015. Examining the role of landscape structure and dynamics in alien plant invasion from urban Mediterranean coastal habitats. *Landscape and Urban Planning*, **136**: 156-164.
- BENTHAM G., 1826. *Catalogue des plantes indigènes des Pyrénées et du Bas-Languedoc : Avec des notes et observations sur les espèces nouvelles ou peu connues*. Chez Madame Huzard imprimeur-librairie. Paris, 128 p.
- CAMPOS J.A. & HERRERA M., 2009. *Diagnosis de la flora alóctona invasora de la CAPV*. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental, Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz. 296 p.
- CAMPOS J.A. & HERRERA M., 1997. La flora introducida en el País Vasco. *Itinera Geobotanica*, **10**: 235-255.
- CAMPOS J.A., 2000. *Impacto de la flora exótica naturalizada en la Comunidad Autónoma del País Vasco: clasificación, evaluación y control* (informe inédito). Fundación Bilbao Bizkaia Kutxa. Bilbao, 134 p.
- CANAVAN K., CANAVAN S., CLARK V.R., GWATE O., RICHARDSON D.M., SUTTON G.F. & MARTIN G.D., 2021. The alien plants that threaten South Africa's mountain ecosystems. *Land*, **10**: 1393.
- CARVALHO D., PEREIRA S.C., SILVA R. & ROCHA A., 2022. Aridity and desertification in the Mediterranean under EURO-CORDEX future climate change scenarios. *Climatic Change*, **174**: 28.
- CHYTRÝ M., PYŠEK P., WILD J., PINO J., MASKELL L.C. & VILÀ M., 2009. European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. *Diversity and Distributions*, **15**: 98-107.
- COTTAZ C., DAO J. & HAMON M., 2021. *Liste de référence des plantes exotiques envahissantes de la région Occitanie. Synthèse, analyses de risque et catégorisation des taxons. État de la situation au 31 décembre 2020* (Document technique des CBN d'Occitanie). CBNMed et CBNPMP, 141 p.
- CUADRAT J.M., SERRANO-NOTIVOLI R., PROHOM M., CUNILLERA J., TEJEDOR E., SAZ M.Á., DE LUIS M. & al., 2024. Climate of the Pyrenees: Extremes indices and long-term trends. *Science of the Total Environment*, **933**: 173052.
- DIAGNE C., LEROY B., VAISSIÈRE A.-C., GOZLAN R.E., ROIZ D., JARIĆ I., SALLES J.-M. & al., 2021. High and rising economic costs of biological invasions worldwide. *Nature*, **592**: 571-576.
- Eurostat, 2017. *Population density based on the GEOSTAT population grid, 2011*. Consultado el 8 de febrero de 2025, en https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/c/c6/GEOSTAT_population_grid_2011.png
- FONT X., 1983. *Estudi sobre la composició florística, l'ecologia i la tipologia de les pastures montanes de la Cerdanya*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 201 p.
- GARCÍA M.B. & GÓMEZ D., 2007. Flora del Pirineo aragonés. Patrones espaciales de biodiversidad y su relevancia para la conservación. *Pirineos*, **162**: 71-88.
- GASSIOT E., MAZZUCCO N., CLEMENTE I., RODRÍGUEZ D., OBEA L., QUESADA M. & DÍAZ S., 2017. The beginning of high mountain occupations in the Pyrenees. Human settlements and mobility from 18,000 cal BC to 2000 cal BC. En: Catalan J., Ninot, J. & Aniz, M. (eds), *High mountain conservation in a changing world*. Advances in Global Change Research, **62**, Springer, Cham, 75-105.
- GBIF [Global Biodiversity Information Facility], 2024. *Human observations*. Global Biodiversity Information Facility. Consultado el 11 de octubre de 2024, en <https://doi.org/10.15468/dl.ta3tsb>
- HERRANDO-MORAIRA S., NUALART N., GALBANY-CASALS M., GARCIA-JACAS N., OHASHI H., MATSUI T., SUSANNA A. & al., 2022. Climate Stability Index maps, a global high resolution cartography of climate stability from Pliocene to 2100. *Scientific Data*, **9**: 48.
- HUGHES L., 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, **15**: 56-61.
- HULME P.E., PYŠEK P., NENTWIG W. & VILÀ M., 2009. Will threat of biological invasions unite the European Union? *Science*, **324**: 40-41.
- ISELI E., CHISHOLM C., LENOIR J., HAIDER S., SEIPEL T., BARROS A., HARGREAVES A.L. & al., 2023. Rapid upwards spread of non-native plants in mountains across continents. *Nature Ecology & Evolution*, **7**: 405-413.
- IUCN [International Union for Conservation of Nature], 2000. *IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. IUCN Species Survival Commission. Gland, 25 p.
- KALUSOVÁ V., ČEPLOVÁ N., DANIHELKA J., VEČEŘA M., PYŠEK P., & al., 2024. Alien plants of Europe: an overview of national and regional inventories. *Preslia*, **96**: 149-182.
- KOSAKA Y., SAIKIA B., MINGKI T., TAG H., RIBA T. & ANDO K., 2010. Roadside distribution patterns of invasive alien plants along an altitudinal gradient in Arunachal Himalaya, India. *Mountain Research and Development*, **30**: 252-258.
- KOWARIK I., 2008. On the role of alien species in urban flora and vegetation. En Marzluff J.M., Shulenberger E., Endlicher W., Alberti M., Bradley G., Ryan C., Simon U. & ZumBrunnen, C (eds), *Urban ecology – An international perspective on the interaction between humans and nature*. Springer, Boston, 321-338.
- LAPEYROUSE P. PICOT DE., 1818. *Supplément à l'histoire abrégée des plantes des Pyrénées*. Bellegarrigue, Toulouse, 159 p.
- LODGE D.M., 1993. Species invasions and deletions. En Kaireva, P.M., Kingsolver J.G. & Honey R.B. (eds), *Biotic interactions and global change*. Sinauer. Sunderland, pp. 367-387.
- LÓPEZ-GUILLÉN E., HERRERA I., BENSID B., GÓMEZ-BELLVER C., IBÁÑEZ N., JIMÉNEZ-MEJÍAS P., MAIRAL M. & al., 2024. Strengths and challenges of using iNaturalist in plant research with focus on data quality. *Diversity*, **16**: 42.
- LORDA M., 2013. *Catálogo florístico de Navarra: Nafarroako landare katalogoa*. Jolube Consultor Botánico y Editor. Jaca, 39 p.
- MACK R.N., SIMBERLOFF D., LONSDALE W.M., EVANS H., CLOUT M. & BAZZAZ F.A., 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, **10**: 689-710.
- MARTÍNEZ-FUENTES J., IBÁÑEZ N., NUALART N. & LÓPEZ-PUJOL J., 2024. Plantes al·lòctones de la Cerdanya (i rodalia): catàleg i caracterització. *Ker*, **19**: 4-16.
- MCDOWELL G., HUGGEL C., FREY H., WANG F.M., CRAMER K. & RICCIARDI V., 2019. Adaptation action and research in glaciated mountain systems: Are they enough to meet the challenge of climate change? *Global Environmental Change*, **54**: 19-30.
- MCGEOCH M.A., SPEAR D., KLEYNHANS E.J. & MARAIS E., 2012. Uncertainty in invasive alien species listing. *Ecological Applications*, **22**: 959-971.
- MONTSERRAT G., 1986. *Flora y vegetación del macizo de Cotiella y la Sierra de Chia (Pirineo aragonés)*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 506 p.

- MYERS J.H. & BAZELY D.R., 2003. *Ecology and control of introduced plants*. Cambridge University Press. Cambridge. 313 p.
- NUALART N., IBÁÑEZ N., SORIANO I. & LÓPEZ-PUJOL J., 2017. Assessing the relevance of herbarium collections as tools for conservation biology. *The Botanical Review*, **83**: 303-325.
- PARENDES L. A. & JONES J. A., 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the HJ Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology*, **14**: 64-75.
- PAUCHARD A., KUEFFER C., DIETZ H., DAEHLER C.C., ALEXANDER J., EDWARDS P.J., ARÉVALO J.R. & al., 2009. Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **7**: 479-486.
- PÉREZ-GARCÍA N., FONT X., FERRÉ A. & CARRERAS J., 2013. Drastic reduction in the potential habitats for alpine and subalpine vegetation in the Pyrenees due to twenty-first-century climate change. *Regional Environmental Change*, **13**: 1157-1169.
- PÉREZ-LORENZO I., IBÁÑEZ N., VALENZUELA L., LÓPEZ E., MARTÍN A., VENY M. & NUALART N., 2023. Avisos del pasado: las colecciones naturales como testimonio de extinciones, llegadas recientes y localidades ocultas. Póster presentado en el *IV Simposio Anual de la Sociedad Española de Botánica* celebrado en la Universidad de León 17-19 de noviembre de 2023. <https://digital.csic.es/handle/10261/339666>
- PINEDA L., 1986. *Flòrula de la vall Fosca (Pirineus Centrals)*. Tesis de Licenciatura, Universitat de Barcelona, 233 p.
- PIZARRO M., MÚJICA A., QUINTANA-BUIL M., MIRANDA H., GÓMEZ D., FUENTES I., MARTÍNEZ J. & al., 2022. Aprendiendo de plantas y compartiendo observaciones con nuevas tecnologías. FLORAPYR y FLORAMON con iNaturalist. *Ecosistemas*, **31**: 2379.
- PONT M., 2023. *La Cerdanya: una comarca inaccessible per a molts*. Trabajo Final de Grado, Universitat de Barcelona.
- PRUD'HOMME F., DAO J. & RUDI-DENCAUSSE A.-S., 2021. Cotation des liens fonctionnels entre habitats d'intérêt communautaire et plantes exotiques envahissantes : méthode, analyse et outil mis en place en Pyrénées et Midi-Pyrénées. *Sciences Eaux & Territoires*, **79**: 1-9.
- PTCB [Patronat de Turisme de la Costa Brava], 2024. *Tourism figures for 2023*. Press Room of Patronat de Turisme de la Costa Brava. Consultado el 11 de octubre de 2024, en <https://premsa.costabrava.org/en/press-release/tourism-figures-for-2023/>
- PYŠEK P., HULME P.E., SIMBERLOFF D., BACHER S., BLACKBURN T.M., CARLTON J.T., DAWSON W. & al., 2020. Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, **95**: 1511-1534.
- PYŠEK P., SÁDLO J., MANDÁK B. & JAROŠÍK V., 2003. Czech alien flora and the historical pattern of its formation: what came first to Central Europe? *Oecologia*, **135**: 122-130.
- RASHID I., HAQ S.M., LEMBRECHTS J.J., KHUROO A.A., PAUCHARD A. & DUKES J.S., 2021. Railways redistribute plant species in mountain landscapes. *Journal of Applied Ecology*, **58**: 1967-1980.
- REASER J.K., BURGIEL S.W., KIRKEY J., BRANTLEY K.A., VEATCH S.D. & BURGOS-RODRÍGUEZ J., 2020. The early detection of and rapid response (EDRR) to invasive species: a conceptual framework and federal capacities assessment. *Biological Invasions*, **22**: 1-19.
- ROMO A.M., 1983. *Flora i vegetació del Montsec (Prepirineus catalans)*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 534 p.
- ROY H.E., PAUCHARD A., STOETT P., RENARD TRUONG T., BACHER S., GALIL B.S., HULME P.E. & al., 2023 (eds.). *Summary for policymakers of the thematic assessment report on invasive alien species and their control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES Secretariat. Bonn, 56 p.
- SÁEZ L. & AYMERICH P., 2021. *An annotated checklist of the vascular plants of Catalonia:(northeastern Iberian Peninsula)*. Kit-book Serveis Editorials. Barcelona, 720 p.
- SANZ M., DANA E.D. & SOBRINO E., 2004. *Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 378 p.
- SANZ M., GONZÁLEZ F. & SERRETA A., 2009. La flora alóctona de Aragón (España). *Botanica Complutensis*, **33**: 69-88.
- SEEBENS H., BLACKBURN T.M., DYER E.E., GENOVESI P., HULME P.E., JESCHKE J.M., PAGAD S. & al., 2018. Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **115**: 2264-2273.
- SEEBENS H., BLACKBURN T.M., HULME P.E., VAN KLEUNEN M., LIEBHOLD A.M., ORLOVA-BIENKOWSKAJA M., PYŠEK P. & al., 2021. Around the world in 500 years: Inter-regional spread of alien species over recent centuries. *Global Ecology and Biogeography*, **30**: 1621-1632.
- SOLAN T. DE, CAILLON A., SOUBEYRAN Y., FRIED G. & ALBERT A., 2024. *Projet CLEVER. Evaluation des impacts environnementaux des plantes exotiques envahissantes de France hexagonale avec les méthodes EICAT et EICAT+*. Conservatoire botanique national Sud-Atlantique, Office français de la biodiversité, Comité français de l'Union internationale pour la conservation de la nature, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) & Réseau des Conservatoires botaniques nationaux, 120 p.
- TAYLOR C. & HASTINGS A., 2005. Allee effects in biological invasions. *Ecology Letters*, **8**: 895-908.
- VIGO J., 1976. *L'alta muntanya catalana. Flora i vegetació*. Montblanc-Martín. Barcelona, 421 p.
- VILÀ M. & PUJADAS J., 2001. Land-use and socio-economic correlates of plant invasions in European and North African countries. *Biological Conservation*, **100**: 397-401
- VILLAR L., 1980. *La vegetación del Pirineo occidental. Estudio florístico y geo-botánico-ecológico*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 170 p.
- VITOUSEK P.M., 1994. Beyond global warming: ecological and global change. *Ecology*, **75**: 1861-1876.
- VORSTENBOSCH T., ESSL F. & LENZNER B., 2020. An uphill battle? The elevational distribution of alien plant species along rivers and roads in the Austrian Alps. *NeoBiota*, **63**: 1-24.
- WILLIAMSON M., 1996. *Biological invasions*. (Population and Community Biology Series, 15). Chapman and Hall, London, 244 p.
- ZANGO-PALAU A., JOLIVET A., LURGI M. & CLARAMUNT-LÓPEZ B., 2024. A quantitative approach to the understanding of social-ecological systems: a case study from the Pyrenees. *Regional Environmental Change*, **24**: 9.
- ZÚÑIGA-ANTÓN M., GUILLÉN J., CAUDEVILLA M. & BENTUÉ-MARTÍNEZ C., 2022. *Mapa 174. Zonificación de los municipios españoles sujetos a desventajas demográficas graves y permanentes*. StoryMap. Consultado el 11 de octubre de 2024, en <https://storymaps.arcgis.com/stories/9dd9b6e20cad403c95e87d4cc493c8fb>

PRIMERAS APORTACIONES EN SANIDAD FORESTAL DE ANDORRA

Marta DOMÈNECH, Manel NIELL* & Clara PLADEVALL*

Andorra Recerca + Innovació, Av Rocafort, 21-23 Edifici Molí, 3r pis, AD600 Sant Julià de Lòria, Andorra

*autor de correspondència: mniell@ari.ad y cpladevall@ari.ad

Con la elaboración del Inventario Nacional Forestal de Andorra (INF1-AND) se ha recopilado información de 194 parcelas forestales empleando las directrices del Joint Research Center y de la Estrategia Forestal Europea. Durante la elaboración de este inventario se han observado a nivel visual un gran número de árboles que presentaban síntomas de decaimiento y mortalidad.

Posteriormente prospecciones de campo han mostrado que esta situación de decaimiento es cada vez más frecuente en los pinares, por tanto, se ha procedido a una recopilación de patógenos y parásitos que pueden tener algún tipo de afectación en el estado de salud de los árboles.

A continuación, se presenta un catálogo de las especies con importancia forestal en pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*) y pino negro (*Pinus uncinata*).

Muchos de los pinos, independientemente de cuál de las dos especies estudiadas, presentan un nivel muy elevado de afectaciones debidas a dos especies de hongos mayoritarias: *Lophodermium pinastri* y *Cyclaneusma minus*, son endófitos de las hojas de los pinos, que pueden actuar como parásitos de debilidad.

La procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*) se ha observado muy abundante en diversos puntos, tanto sobre pino albar como pino negro.

Los escolitidos parecen cada vez más comunes, galerías de los géneros *Tomicus* y *Ips* han sido identificados en corteza de árboles muertos, pero la afectación en los ápices de las ramas jóvenes de los pinos debido al estadio de maduración de las larvas de *Tomicus* han empezado a ser cada vez más comunes.

Por otro lado, muy común en pino albar ha sido la cochinilla identificada en la especie *Leucaspis pini*.

El hongo *Armilaria ostoyae* es una especie potencialmente invasiva, pero solo ha sido observada debajo de cortezas muertas de pino, aunque esto puede cambiar en el caso de los abetos, donde se ha observado que puede llegar a ser un patógeno potencialmente invasivo.

Otras especies han sido detectadas, pero sin poder afirmar que puedan tener algún impacto en el decaimiento de los árboles.

El INF1-AND ha recibido financiación de la Oficina de la Energía y del Cambio Climático de Andorra en el marco del estudio de impactos y vulnerabilidades del cambio climático y la capacidad de sumidero de Andorra. Desde una parte más científica, recibe el apoyo del Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya, concretamente del equipo de Gestión Forestal Multifuncional.

Premières contributions sur la santé des forêts en Andorre

Avec l'élaboration de l'Inventaire forestier national d'Andorre (INF1-AND), des informations ont été recueillies sur 194 parcelles forestières en suivant les directives du Centre commun de recherche et de la Stratégie forestière européenne. Au cours de l'élaboration de cet inventaire, un grand nombre d'arbres présentant des symptômes de dépérissement et de mortalité ont été observés visuellement.

Des prospections de terrain ultérieures ont montré que cette situation de dépérissement est de plus en plus fréquente dans les pinèdes. Ainsi, une collecte de pathogènes et de parasites susceptibles d'affecter l'état de santé des arbres a été réalisée.

Un catalogue des espèces ayant une importance forestière dans les pinèdes de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et de pin à crochets (*Pinus uncinata*) est présenté ci-dessous.

De nombreux pins, quelle que soit l'espèce étudiée, montrent un niveau très élevé d'atteintes dues principalement à deux espèces de champignons : *Lophodermium pinastri* et *Cyclaneusma minus*, des endophytes des aiguilles de pin, qui peuvent agir comme des parasites de faiblesse.

La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) a été observée en grande abondance à plusieurs endroits, tant sur le pin sylvestre que sur le pin à crochets.

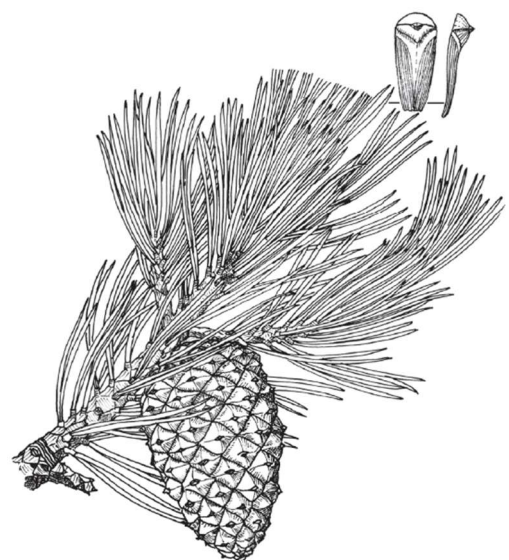
Les scolytes semblent de plus en plus courants, des galeries des genres *Tomicus* et *Ips* ont été identifiées dans l'écorce des arbres morts, et les atteintes aux extrémités des jeunes branches des pins, dues au stade de maturation des larves de *Tomicus*, deviennent de plus en plus fréquentes.

Par ailleurs, une cochenille de l'espèce *Leucaspis pini* a été très fréquemment observée sur le pin sylvestre.

Le champignon *Armilaria ostoyae* est une espèce potentiellement invasive, mais il n'a été observé que sous l'écorce des pins morts. Cela pourrait changer dans le cas des sapins, où il a été observé comme un pathogène potentiellement invasif.

D'autres espèces ont été détectées, mais sans qu'il soit possible d'affirmer qu'elles ont un impact sur le dépérissement des arbres.

L'INF1-AND a reçu un financement de l'Office de l'énergie et du changement climatique d'Andorre dans le cadre de l'étude des impacts et vulnérabilités du changement climatique, ainsi que de la capacité de puits de carbone de l'Andorre. Sur le plan scientifique, il bénéficie du soutien du *Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya*, plus précisément de l'équipe de *Gestión Forestal Multifuncional*.

*Pinus sylvestris* L.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

LES CUEILLETES COMMERCIALES : GÉRER LA RESSOURCE EN PLANTES SAUVAGES ?
L'EXEMPLE DE LA GENTIANE JAUNE (*GENTIANA LUTEA* L.) DANS LES PYRÉNÉES

Raphaëlle GARRETA* & Maïlys RUMEAU

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

*auteure correspondante : raphaëlle.garreta@cbnmpm.fr

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

Les plantes aromatiques et médicinales sauvages représentent un marché mondial en pleine expansion. L'exploitation des ressources végétales s'inscrit néanmoins dans un contexte où la durabilité de la cueillette des plantes aromatiques et médicinales sauvages est questionnée. Le défi est de trouver la juste mesure de prélèvement tout en considérant la réalité sociale des cueillettes. En articulant sciences sociales et sciences de la nature, le CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées accompagne la mise en place de plans de gestion des espèces cueillies.

Mots clés : cueillettes commerciales, exploitation de ressources végétales sauvages, gestion adaptative, *Gentiana lutea*, *Arnica montana*.

Resumen: Recolección comercial: ¿gestión de los recursos vegetales silvestres? El ejemplo de la genciana amarilla (*Gentiana lutea* L.) en los Pirineos

Las plantas aromáticas y medicinales silvestres representan un mercado mundial en rápida expansión. Sin embargo, la explotación de los recursos vegetales tiene lugar en un contexto en el que se cuestiona la sostenibilidad de la recolección de plantas aromáticas y medicinales silvestres. El reto consiste en encontrar el nivel adecuado de recolección teniendo en cuenta al mismo tiempo la realidad social de la misma. Combinando ciencias sociales y naturales, el CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées contribuye a establecer planes de gestión de las especies recolectadas.

Palabras clave: recolección comercial, explotación de recursos vegetales silvestres, gestión adaptativa, *Gentiana lutea*, *Arnica montana*.

Abstract: Commercial harvesting: managing wild plant resources? The example of yellow gentian (*Gentiana lutea* L.) in the Pyrenees

Wild aromatic and medicinal plants represent a rapidly expanding global market. However, the exploitation of plant resources is taking place in a context where the sustainability of the harvesting of wild aromatic and medicinal plants is being questioned. The challenge is to find the right level of harvesting while taking into account the social reality of harvesting. By combining social and natural sciences, the CBN Pyrénées et Midi-Pyrénées is helping to set up management plans for the species collected.

Keywords: commercial harvesting, exploitation of wild plant resources, adaptive management, *Gentiana lutea*, *Arnica montana*.

Les plantes aromatiques et médicinales sauvages – au sens où elles n'ont pas été cultivées – intègrent une multiplicité de produits du quotidien. Elles représentent un marché globalisé qui aurait été multiplié par trois entre 1998 et 2018 et qui aurait encore crû de 23% entre 2018 et 2022 (Schindler & al., 2022). Le conditionnel employé ici renvoie à l'extrême difficulté d'avoir des données chiffrées fiables en la matière. On retiendra néanmoins qu'il s'agit d'une énorme masse végétale au service d'une économie mondialisée en pleine expansion. Cet accroissement de l'exploitation des ressources végétales spontanées s'inscrit dans un contexte où la soutenabilité de nos modes de vie est mise en question. Effondrement de la biodiversité et injustices sociales invitent à repenser urgemment les liens entre un développement économique que certains voudraient sans cesse croissant et des ressources que l'on sait limitées. Les travaux du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) relatifs aux cueillettes en France métropolitaine se déploient

autour de la notion de « développement durable » qui entend concilier exploitation des ressources et conservation, tel que pensé en 1992 lors de la Convention sur la diversité biologique. Dans cette dynamique, l'idée d'une gestion concertée et/ou adaptative s'est imposée. Elle considère la juste mesure des prélèvements tout en tenant compte des systèmes de production et de la réalité sociale du monde des cueillettes. En conjuguant sciences naturelles et sciences sociales, en articulant résultats des suivis écologiques (divers protocoles mis en place) et analyses d'enquêtes de terrain (entretiens, observation), de quelles données disposons-nous pour accompagner au mieux la mise en place de pratiques respectueuses de la plante et de son milieu de vie ? Quels constats faisons-nous ? En explorant la notion de ressource, l'exemple de l'exploitation de la racine de *Gentiana lutea* dans les Pyrénées servira de fil conducteur à notre propos.

Des plantes, des cueilleurs, des filières et quelques grosses cueillettes : éléments de contexte

Des produits pharmaceutiques à la décoration florale en passant par les cosmétiques, les compléments alimentaires, les plats cuisinés, les croquettes pour animaux et autres produits ménagers, les plantes sauvages, même invisibilisées, sont partout dans notre vie de tous les jours. A l'international, le commerce des Plantes aromatiques et médicinales (PAM) est en pleine expansion. La France n'est pas en reste où plus de 700 espèces ou sous-espèces peuvent faire l'objet de prélèvements à buts commerciaux. Sur ce nombre, 529 sont exclusivement cueillies dans les milieux naturels (Lescure & al., 2018). Enfin, dans les Pyrénées en 2011, nous recensons 381 espèces cueillies à des fins commerciales grâce à une compilation de données issues de sources hétéroclites (Garreta & Morisson, 2011). Une actualisation de cette liste est en cours dans le cadre du programme européen GESTES, Gestion durable transfrontalière des espèces végétales sauvages cueillies dans les espaces transfrontaliers Espagne-France-Andorre (2024-2026).

A cette diversité de plantes répond une pluralité de façons d'être cueilleuse ou cueilleur¹. Les agriculteurs-éleveurs qui tiraient de la cueillette un revenu d'appoint ont, depuis les années 1980, passé la main à d'autres intervenants (Larrère & de la Soudière, 1985). Ainsi, la mosaïque des cueillettes commerciales fait coexister des néo-ruraux investissant les campagnes en déprise, de jeunes locaux qui veulent continuer à y vivre, des ouvriers saisonniers étrangers et des travailleurs ponctuels en quête d'opportunités rémunératrices. En fonction des modes d'organisation de la

¹ Les cueilleuses sont très largement représentées dans la profession, surtout dans le modèle de la vente directe. En revanche, le monde de la Gentiane est quasi-exclusivement masculin.

profession, les volumes récoltés vont de quelques kilos à plusieurs tonnes (Garreta & *al.*, 2014 ; Garreta, 2023).

Les plantes de cueillette sont essentiellement communes et plus que la rareté des espèces recherchées, ce sont souvent les volumes prélevés qui alertent, effraient ou posent question². C'est le cas pour la Gentiane jaune (*Gentiana lutea* L.) et l'Arnica des montagnes (*Arnica montana* L.), recherchées en grandes quantités par l'industrie pour des usages alimentaires et médicinaux. Pour la gentiane, dont la France est le principal fournisseur mondial, les professionnels parlent de 2000 tonnes de racines fraîches extraites par an en France métropolitaine au bas mot. Pour l'arnica, c'est la station du Markstein (Ballon des Vosges) qui, avec 8 tonnes de plantes fraîches prélevées en seulement quelques jours par an, représentait le principal site de cueillette de cette espèce en France. Depuis quatre ans, la ressource en fleurs s'y est tarie et les cueillettes se sont déployées dans les Pyrénées, où, en 2018, une équipe de six personnes a pu cueillir jusqu'à 1200 kg de plantes fraîches en un seul passage. Ces volumes record sont actuellement en baisse par manque de ressource. Enfin, à titre d'illustration des volumes de plantes cueillies, on peut aussi citer les 200 kg frais de feuilles d'Ail des ours qu'un cueilleur aguerri peut cueillir en une journée sur un site « pur ».

Dans ce contexte d'exploitation de la flore spontanée, il s'agit alors autant de s'intéresser à des espèces et des populations – dont parlent les naturalistes – que de « faire de LA plante » – avec cette forme générique d'indifférenciation dont usent parfois certains cueilleurs. On peut aussi s'approvisionner en « matière première » ou en « ingrédient sauvage » pour reprendre le vocabulaire des industries transformatrices. Dans ces différents termes et appellations, ce sont des regards vis-à-vis de la « nature » qui se disent. Nature dont on voit qu'il s'agit d'une notion largement polysémique, engageant différents types de rapports à cette dernière. Dans les termes *matière première* et *ingrédient*, s'expriment clairement un rapport productiviste à cette nature et plus largement au Vivant.

Ressource vs population

Dans une perspective de production, l'idée de la gestion de la ressource est incontournable. « Gérer la ressource » semble d'ailleurs être devenu un sésame qui a permis de mettre en relation les cueilleurs et les pouvoirs publics, tout en rassurant les propriétaires (Garreta & Julliand, 2017). C'est une des préoccupations majeures affichée par l'Association Française des professionnels de la Cueillette de plantes sauvages (AFC). « Dans notre métier nous devons pérenniser la ressource en plantes, pour des raisons écologiques mais aussi financières pour nous », explique un cueilleur professionnel.

Les notions de ressource et de population sont à bien distinguer. La population est un concept utilisé en écologie pour désigner l'ensemble des individus d'une même espèce

qui coexistent et se reproduisent entre eux sur un territoire déterminé. La notion de ressource est propre au récoltant. Bien qu'elle ne soit pas toujours entièrement réductible à des aspects matériels de production (Asselin, 2024 ; Loqueville & *al.* 2025), elle reste souvent exprimée à travers la quantité de plantes ou de parties de plantes que le cueilleur veut récolter, aujourd'hui et demain, dans une population végétale. Il envisage le tout dans une perspective de rentabilité.

Depuis sa création en 2011, l'AFC est dans une dynamique de co-construction des bonnes pratiques de cueillette. En concertation avec le CBNPMP, les cueilleurs de l'AFC distinguent la population du site de cueillette, la ressource potentielle de ce site (l'ensemble des individus exploitables sur la durée de la saison), la ressource exploitable (les individus matures au moment de la cueillette), et enfin la ressource exploitée qui représente la part effectivement cueillie. Cette dernière considère *in fine* la capacité de la population à se maintenir, se renouveler et à évoluer sous les contraintes à la fois naturelles et anthropiques (AFC, 2022).

La ressource ne représente donc qu'une part de la population. Par ailleurs, le fait que la ressource puisse être en danger ne signifie pas pour autant que l'espèce le soit aussi.

Ceci étant dit, voyons quels sont les grands traits qui, outre la réglementation dont il sera question plus avant, conditionnent ou déterminent la ressource.

Le végétal et son habitat

La ressource varie selon les effectifs, la densité des individus et la biologie de l'espèce, autant d'éléments qui influent sur la dynamique de la population. La phénologie de l'espèce croisée avec la temporalité de la cueillette peut être vectrice d'une pression plus ou moins importante sur cette ressource. Ainsi, la pression de cueillette peut être diluée dans le temps pour la Pâquerette (*Bellis perennis* L.) qui étale sa floraison sur une grande partie de l'année, alors qu'elle peut être plus forte sur l'aubépine (*Crataegus monogyna* Jacq. et *C. laevigata* (Poir.) DC.) qui n'offre une fenêtre de floraison et donc de récolte que de quelques jours.

Par ailleurs, diverses parties de plante peuvent être prélevées (fleurs, feuilles, racines...), induisant une incidence variable sur la démographie. La cueillette de l'inflorescence d'Aspérule odorante (*Galium odoratum* (L.) Scop.) affectera seulement la capacité de reproduction sexuée de l'espèce, tandis que la récolte de racines d'Orpin odorant (*Rhodiola rosea* L.) ou de Gentiane jaune (*Gentiana lutea* L.) aura une incidence plus forte sur le renouvellement de la population. Une même plante peut offrir plusieurs cueillettes susceptibles d'avoir un impact additionnel, ainsi le bouleau (*Betula pendula* Roth. et *B. pubescens* Ehrh.) est concerné par quatre types de récolte : sève, bourgeon, feuille, et écorce.

La ressource est aussi déterminée par l'habitat dans lequel se développent l'espèce et la dynamique de celui-ci. Ainsi, la fermeture naturelle de prairies ou de landes à Arnica des montagnes (*Arnica montana* L.) entraîne une diminution des effectifs. Le mode de gestion du site (pâturage, gyrobroyage, brûlis, chaulage...) peut tout aussi bien participer au maintien, à l'expansion ou au déclin de la population. Le maintien d'un système de prairies humides

²La grande majorité des plantes cueillies sont effectivement communes et sans statut de protection ou de menace particulier. Mais il y a – évidemment – des exceptions, parmi lesquelles on compte, par exemple, les cueillettes illégales de *Drosera* (spp.), d'Euphorbe épineuse (*Euphorbia spinosa* L.) interdite de cueillette dans les Alpes maritimes (arrêté préfectoral de 2010) et des différents géneps dans l'espace protégé du Parc national du Mercantour.

de fauche est favorable au Narcisse des poètes (*Narcissus poeticus* L.), tandis que leur drainage entraîne sa régression.

Enfin, le cueilleur porte une attention aux autres espèces floristiques et faunistiques du site où il intervient et veille à ne pas perturber l'équilibre et la pérennité de l'ensemble des populations qui y sont présentes. Cette attention, quand elle se porte par exemple sur les pollinisateurs ou sur l'avifaune, peut avoir une incidence sur les volumes prélevés et sur la saisonnalité à laquelle le cueilleur intervient.

La logistique et les techniques de cueillette

Au nombre de paramètres qui déterminent l'idée de ressource, on compte également l'accessibilité du site de cueillette : à quelle distance se situe-t-il du domicile du cueilleur ? Y a-t-il une route carrossable ou une piste à proximité ? Combien faut-il d'heures de marche pour y accéder ? Quel est le dénivelé à gravir ? Le site est-il embroussaillé ? Etc. L'accès au site, et donc la facilité d'accès à la ressource, a une incidence sur les modalités d'évacuation de la cueillette (charger les sacs à dos d'homme, les jeter dans la pente, utiliser une tyrolienne, etc.). Est aussi déterminant l'éloignement entre le site de cueillette et le centre de transformation. Il est très différent de cueillir quelques jeunes pousses de ronces dans la haie voisine pour un usage artisanal de proximité, que de devoir affréter un camion frigorifique pour acheminer des centaines de kilos d'arnica ou de toute autre plante devant être livrée fraîche à un laboratoire situé à l'autre bout de la France. Au nombre des éléments influant sur l'accès à la ressource, il faut également considérer les jeux d'alliance ou de concurrence avec les autres cueilleurs, et le maillage relationnel (parfois constructif, parfois conflictuel) avec les autres usagers du site. Enfin, les gestes de cueillette et le choix de l'outillage sont prépondérants ; ils comptent parmi les éléments socle des bonnes pratiques. Une même espèce peut être cueillie à la main, avec un outil ou même mécaniquement. Ces choix influent évidemment sur les volumes, les quantités, la qualité de la cueillette et la pérennité des populations cueillies. Ainsi, le rendement d'une cueillette d'inflorescence de Reine des Prés (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.) peut aller de 3 à 10 kilos frais à l'heure, en fonction du site, de la technique, de la hauteur de coupe et du cueilleur (AFC, 2022).

La commercialisation

Les demandes du marché, les tarifs pratiqués, les effets de concurrence, les différentes filières empruntées par les plantes (à plus ou moins forte plus-value), et les circuits de vente ont tous une incidence sur la ressource.

Dans les Pyrénées françaises, on distingue essentiellement trois profils de cueilleurs en fonction des voies de distribution qu'ils approvisionnent, mais aussi des volumes de plantes qu'ils recherchent. On envisage aisément que la notion de ressource soit relative et variable d'un cueilleur à l'autre. « *Un cueilleur qui prélève de petites quantités à la main n'a pas la même perception de la ressource disponible sur un site ou un territoire qu'un cueilleur recherchant des volumes plus importants* » (AFC, 2022).

Dans le massif pyrénéen, le modèle dominant est celui des cueilleurs-transformateurs artisanaux. Ils proposent généralement leur cueillette en vente directe ou dans des magasins de producteurs. On les qualifie volontiers de « petits cueilleurs » dans la mesure où ils font de petits

volumes (quelques kilos), le plus souvent prélevés aux alentours de chez eux. Viennent ensuite quelques cueilleurs indépendants ou membres de coopératives (situées hors Pyrénées). Ils recherchent de gros volumes pour alimenter des circuits industriels. Enfin, plus particulièrement spécialisés dans une ou deux espèces qu'ils cueillent en quantité, interviennent des ouvriers saisonniers, main d'œuvre souvent issue de l'immigration, embauchés par des collecteurs ou des grossistes.

Derrière ces formes d'organisation se disent souvent des rapports particuliers au végétal, des ressentis, des émotions, des façons d'entrer en relation avec la plante qui viennent également questionner le terme même de ressource, voire même qui cherchent à la déplacer au-delà des aspects factuels, fonctionnels et techniques évoqués ci-dessus. Dans cette perspective, un lien, un attachement plus global au Vivant est invoqué.

La notion de ressource est donc à géométrie variable, faisant coexister de nombreux facteurs. Elle se considère au cas par cas et met en relation, entre autres, certains champs de la réglementation, des aspects directement liés à la biologie et à l'écologie de la plante elle-même, des contingences et pratiques inhérentes au métier de cueilleur et enfin, des logiques commerciales. Ainsi, se construit-elle dans un éco-socio-système qui inclut une mosaïque d'acteurs (cueilleurs, propriétaires, services de l'État, gestionnaires, collecteurs, grossistes, entrepreneurs, consommateurs...). Ce faisant, elle met en jeu différents types de relations, des plus utilitaristes et pragmatiques aux plus sensibles, qui peuvent se superposer, alterner, s'emboîter.

Réguler le prélèvement des plantes sauvages dans la nature

La réglementation

La cueillette peut être interdite ou réglementée suivant les espèces et les espaces (Cambecèdes & Garreta, 2018). Mais c'est essentiellement l'arrêté ministériel du 13 octobre 1989 qui est mobilisé pour les cueillettes de plantes communes. Il fixe la liste des espèces sauvages dont la récolte peut être autorisée ou interdite par arrêté préfectoral et permet de définir les modalités de cueillettes (quantité, dates, outillage...) (Coste, 2024). La disparité des réglementations entre les départements induit parfois une pression supplémentaire sur la ressource présente dans les secteurs non réglementés. C'est le cas de la Gentiane jaune, réglementée sur tous les massifs de la France métropolitaine sauf dans le Massif central et dans les Pyrénées (hors six communes³) qui supportent dès lors tous les chantiers d'arrachage de cette espèce. Lorsqu'il n'existe pas de réglementation spécifique, l'accord du propriétaire est obligatoire (article 547 du code civil). C'est lui qui autorise l'accès à la ressource et est, en ce sens, un acteur fondamental du dispositif.

Enfin, en 2016, la Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages a introduit un régime

³ 4 juillet 2012 : Arrêté préfectoral réglementant la récolte de la gentiane jaune dans le département de l'Ariège. Sont concernées les communes d'Ascou, Sorseat, Ignaux, Caussou, Prades et Montallou.

d'autorisation ou de déclaration individuelle⁴ pour certaines espèces particulièrement sous tension. Les décrets d'application de ce texte restent encore à mettre en place.

La gestion concertée et la gestion adaptative

La démarche du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, comme celle des pouvoirs publics et des cueilleurs professionnels, s'inscrit dans la droite ligne du développement durable qui insiste sur la nécessité de prendre en compte le social et l'environnemental au côté de l'économique tout en mettant en place des modes décisionnels inclusifs (Alphandéry & *al.*, 2012). Ici, il s'agit d'accorder exploitation des ressources à grande échelle et conservation du patrimoine naturel.

La gestion concertée, et plus récemment la gestion adaptative sont des outils créés pour parvenir à la conciliation entre exploitation et conservation. La gestion concertée cherche à gérer la ressource de manière durable en associant les acteurs concernés. La gestion adaptative, concept développé aux États-Unis pour la gestion de la faune halieutique (Walters & Hilborn, 1976), apporte l'idée complémentaire d'une amélioration continue des connaissances, tant sur les ressources que sur les pratiques sociales auxquelles elles donnent lieu, pour ajuster au mieux les prélèvements et permettre un maintien des populations. Le développement de la gestion adaptative appliquée à la flore sauvage est inscrit dans la Stratégie nationale pour la Biodiversité 2030 et constitue une attente particulière du Ministère chargé de la transition écologique. En ce qui concerne les ressources végétales sauvages, cette dernière reste encore très expérimentale et donc appliquée de façon pilote sur des ressources sous fortes pressions (Locqueville & *al.*, 2024).

L'exemple de la Gentiane jaune à Ascou

La Gentiane jaune est une espèce longévive (cycle de vie de 30 à 60 ans), avec une première floraison qui intervient seulement au bout de 5 à 10 ans, et qui n'est pas systématique chaque année. Elle se reproduit de manière végétative (par son rhizome) et sexuée, avec un taux de germination *in situ* assez faible (Vender & *al.*, 2010). La récolte d'organes souterrains de gentiane implique le déracinement et la mort d'individus matures. Cette manœuvre a donc un impact fort sur la population et sa capacité de renouvellement.

Selon les critères actuels de l'IUCN, la Gentiane jaune en tant qu'espèce n'est pas menacée de disparition en France. En revanche, tous les professionnels s'accordent à dire que la ressource que représente sa racine est sous tension. Dans un contexte de raréfaction des chantiers d'arrachage dans le Massif central, principal producteur, et de surexploitation des sites existants, les exploitants ont investi le versant nord des Pyrénées et intensifié une pression de récolte préalablement existante (Garreta, 2015 ; Cambecedes & *al.*, 2018). En 2011, suite à des violences sociales et des exactions environnementales, un arrêté préfectoral réglementant les pratiques d'arrachage de la gentiane est pris pour six communes ariégeoises, dont celle d'Ascou.

Pour autant, au fil du temps, les maires des six communes continuent de dénoncer nombre de violences exercées à leur rencontre ou entre équipes concurrentes (menaces, tentatives de corruption), des dégradations environnementales (sur-cueilletes, trous non rebouchés dans les estives, terre mise à nu) et un manque à gagner (vols de gentiane sur pied ou déjà coupée).

Dans ce climat conflictuel, la proposition du CBNPMP d'expérimenter un plan de gestion permettant d'objectiver les prélèvements, a trouvé preneur sur la commune d'Ascou. Dès lors, la détermination de la maire de la commune fut un élément majeur dans l'avancée du dispositif. Sans l'implication forte du propriétaire des sites – premier maillon d'accès à la ressource – et, à sa suite, de tout un réseau d'acteurs, il est à ce stade illusoire d'avancer dans le processus de régulation des pratiques.

Un plan de gestion expérimental pour la Gentiane jaune à Ascou

Invisible (partie souterraine de la plante), la ressource en gentiane est difficile à évaluer. Pour l'estimer, le CBNPMP a développé une méthodologie dans le cadre d'un plan de gestion expérimental de la ressource en Gentiane jaune (Rumeau & *al.*, 2024). Ce travail s'est nourri des précédents travaux du CBNPMP (Cambecedes & *al.*, 2018) et des réflexions et préconisations d'autres structures, diffusées sous formes de guides de bonnes pratiques de cueillette (Association « Gentiana Lutea », 2019 ; AFC, 2021 et 2022).

Définir la ressource nécessite plusieurs étapes. La première consiste à préciser les contours de la population en cartographiant son aire de présence. À Ascou, la Gentiane jaune s'exprime sur les estives communales où la population s'étend sur une centaine d'hectares. Il est intéressant d'impliquer dès ce stade les utilisateurs des estives (vachers, éleveurs, chasseurs...). En effet, le maillage relationnel avec les usagers du territoire présente un double avantage : avoir une vision fine des espaces et des zones à forte densité en gentiane, mais aussi leur réserver une vraie place dans l'effort de conservation. Cette aire de présence ainsi définie est sectorisée en petites unités de gestion (quelques hectares) – constituant une carte commune – appropriable par les différentes parties impliquées dans une gestion concertée (propriétaires, cueilleurs, police de l'environnement, gestionnaires, écologues...).

Dans l'objectif du maintien des populations, les unités trop clairsemées pour supporter une récolte (recouvrement de l'espèce inférieur à 25% de la surface) sont qualifiées de non exploitables. Dans les unités exploitables, des relevés sont réalisés pour en définir la structure démographique selon une typologie correspondant à la taille des rosettes (Garcia & *al.*, 2013). Les individus récoltables sont des plants matures, c'est-à-dire constitués de plusieurs rosettes de grandes feuilles (supérieures à 20 cm de long). Cette définition a été établie dans le programme ValuePAM (2016-2018) à partir du croisement de références bibliographiques et du savoir-faire des récoltants professionnels de Gentiane jaune, pour se rapprocher au plus près de la réalité du terrain (Cambecedes & *al.*, 2018). La structure démographique permet d'observer le rapport entre la part d'individus récoltables et celle à conserver pour le renouvellement de la population (jeunes individus), et ainsi de modérer le taux de prélèvement en cas de déséquilibre.

⁴ Transcription en droit français des accords de Nogoya.

La récolte est ensuite estimée grâce à une relation établie entre les caractéristiques des rosettes visibles et la masse de racines invisibles (étude réalisée dans les Pyrénées avec un arracheur professionnel). Un temps de repos de 15 ans entre chaque récolte sur une même unité de gestion doit être appliqué, afin de respecter le cycle de vie de la Gentiane jaune. De plus, il est préconisé de laisser des porte-graines pour permettre à la population de se renouveler.

Les quantités estimées et les unités de gestion exploitables servent de jalons pour la contractualisation du propriétaire du site avec le récoltant. Elles facilitent aussi le contrôle par les agents de l'OFB, de la MSA (Mutuelle sociale agricole) et de la DREETS (Direction régionale de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités). Ces aspects de contrôle sont d'autant plus saillants qu'il s'agit de plantes très recherchées et que la situation locale est particulièrement conflictuelle.

Dans une volonté de constante amélioration – un des piliers de la gestion adaptative – les préconisations de récolte peuvent être ajustées en fonction des nouveaux suivis et de l'amélioration des connaissances sur l'espèce.

Retours d'expérience sur les atouts et les limites de la gestion concertée et adaptative à partir des travaux pilotes du CBNPMP

Débuté en 2021, le plan de gestion expérimental d'Ascou a été envisagé sous l'angle des approches complémentaires de la gestion concertée (mise en relation des acteurs concernés) et de la gestion adaptative (préconisations de récoltes ajustées en fonction de l'amélioration des connaissances).

Quelques constats se font déjà jour. Bien que la collaboration entre l'équipe du CBNPMP et la maire ait été constructive, qu'elle ait permis d'apaiser les jeux de rapport de force entre récoltant et propriétaire en fixant des limites spatiales et temporelles de récolte ainsi que des plafonds dans les quantités récoltables, le plan de gestion reste un dispositif assez lourd à mettre en place. Cela est d'autant plus vrai pour des petites communes sans grands moyens

administratifs où la gestion d'une ressource sauvage, connue pour les dérives de son exploitation, est désormais pensée en termes de « *problème à régler* » plutôt que de plus-value écologique et financière. Par ailleurs, la concertation recherchée pour la réussite du dispositif demande une mise en confiance des différentes parties prenantes, mise en confiance parfois difficile et nécessairement établie dans la durée. Aussi, bien que le CBNPMP ait été en relation avec l'ensemble des acteurs, ce sont plutôt des concertations bilatérales qui se sont installées : CBNPMP/propriétaire et propriétaire/récoltant. Les cas sont différents selon les sites et les acteurs impliqués, mais force est de constater que réunir tous les acteurs autour de visées et d'intérêts communs reste un défi. Il est donc d'autant plus intéressant de développer des outils participatifs pour une nécessaire implication des différents acteurs : protocoles simplifiés, registre de cueillette, fiches techniques, formations et sensibilisation sur le terrain (figure 1), etc.

Plus largement, un plan de gestion, s'il permet d'indéniables améliorations, reste néanmoins soumis à de possibles biais. Ce fut par exemple le cas pour l'arnica dans les Pyrénées audoises lorsque des cueillettes illégales ou des sur-cueillettes dues à des autorisations bilatérales non prévues dans le plan de gestion, vinrent fausser les estimations de récolte et de renouvellement de la population et ainsi altérer la démarche de gestion durable.

De plus, pour certaines espèces où la fenêtre de cueillette est restreinte (comme l'Arnica des montagnes), une nécessaire synchronicité entre le chargé de mission naturaliste, le cueilleur et l'optimum de floraison de la plante est de mise pour permettre une estimation de la ressource au plus juste. Ce qui n'est pas toujours possible, pour diverses raisons : conditions météorologiques difficiles, éloignement du cueilleur et/ou du chargé de mission par rapport au site de cueillette, alerte de la vigie locale trop précoce ou tardive par rapport au pic de floraison, etc.



Figure 1 : Lors de journées techniques à Ascou, les élues locales testent et s'approprient le protocole simplifié d'estimation de la ressource proposé par le CBNPMP dans le cadre de la mise en place d'un plan de gestion de la Gentiane jaune. Photo : R. Garreta/CBNPMP.

L'échelle de mise en application d'un plan de gestion de la ressource constitue un point essentiel. Pour Ascou et la gentiane, il concerne un territoire communal, mais la question de l'exploitation d'une espèce sauvage dépasse ces limites. Les plans de gestion seraient – dans l'idéal à penser plus largement, au niveau d'une vallée, d'un site Natura 2000 ou à un échelon territorial de type communautés de communes, avec une vision étendue à l'échelle du massif. Pour les espèces très recherchées comme la gentiane ou l'arnica, une centralisation des données issues des diverses initiatives locales pour une vision nationale est même nécessaire.

Conclusion

Encore méconnue il y a une dizaine d'années, la thématique des cueillettes commerciales en France métropolitaine est foisonnante, multiscalaire, et fait état d'une profusion d'acteurs, d'interactions, de mises en relations. Les avancées du CBNPMP en la matière ont permis un travail novateur, imbriquant données écologiques et socio-économiques.

Dans le triptyque environnemental, économique et social proposé par le développement durable – qui sur le terrain s'est doublé du trio propriétaire, récoltant, chargé de mission naturaliste – la perception de la ressource accuse des inflexions différentes selon qui se saisit de la notion. Pour autant, force est de constater que c'est le volet économique qui prend fréquemment le dessus. Si l'objectif affiché d'un plan de gestion est la régulation des pratiques pour un maintien des populations végétales, il ne faut pas perdre de vue que les motivations d'ordre financier puis de paix sociale restent déterminantes pour les acteurs en présence. Cette remarque souligne d'autant plus l'intérêt de ne pas circonscrire l'acquisition de connaissances, promue par la gestion adaptative, aux seuls aspects écologiques mais de l'élargir au champ des sciences humaines et sociales. Enfin, en inscrivant la gestion adaptative de la flore – et par conséquent la question des cueillettes – dans la stratégie nationale pour la biodiversité, il est vraisemblable que l'intérêt pour cette thématique s'amplifie.

Bibliographie

- AFC, 2021. *Livret technique de cueillette de la Gentiane jaune*. Association française des professionnels de la cueillette de plantes sauvages, 40 p.
- AFC, 2022. *Guide de bonnes pratiques de cueillette de plantes sauvages, pour une gestion durable de la ressource – Partie générale*. Association française des professionnels de la cueillette de plantes sauvages, 217 p.
- ALPHANDERY P., DJAMA M., FORTIER A. & FOUILLEUX E., (coords.), 2012. *Normaliser au nom du développement durable*. Editions Quae, Versailles. 197 p.
- ASSELIN V., 2024. La cueillette professionnelle de plantes sauvages, un travail vivant ? *EchoGéo*, **69**, <https://doi.org/10.4000/12xco>
- ASSOCIATION INTERPROFESSIONNELLE DE LA GENTIANE JAUNE « GENTIANA LUTEA », 2019. *Guide de bonnes pratiques de production de gentiane*, version 3, 16 p.
- CAMBECÈDES J. & GARRETA R., 2018. La cueillette des plantes sauvages : exploitation des ressources naturelles et conservation d'un patrimoine naturel. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, CIRS **13** : 3355-3365.
- CAMBECÈDES J., GARRETA R., GIRE L., MORISSON B., GARCIA J. & DURAND B., 2018. *Exploiter et préserver. Vers un plan de gestion durable de la Gentiane jaune dans les Pyrénées*.

Rapport d'étude, Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 112 p.

COSTE L., 2024. *Analyse de la réglementation de la cueillette des plantes sauvages en France métropolitaine et son application*. Rapport de stage, Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées & Université Toulouse Capitole. Master II, Droit Public Parcours Droit de l'Environnement, 120 p.

GARCIA J., GIRE L. & CAMBECÈDES J., 2013, *Mise en place d'un dispositif de suivi de stations pyrénéennes de Gentiane jaune (Gentiana lutea L.)*. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 45 p.

GARRETA R. & MORISSON B., 2011. *La cueillette des plantes sauvages en Pyrénées et Midi-Pyrénées. Phase 1, état des lieux*. Rapport d'étude, Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 111 p.

GARRETA R., & JULLIAND C., 2017, Pour un autre regard sur les cueillettes commerciales de plantes sauvages : les pratiques « gestionnaires » des cueilleuses et cueilleurs professionnels. In : *Actes des troisièmes rencontres végétales du Massif central*, Saint-Etienne, 2015, pp. 155-162.

GARRETA R., 2015, La Gentiane jaune des Pyrénées, les racines de la discorde. In : *Actes du XIII^e séminaire d'ethnobotanique de Salagon 2014, Les racines ou la métaphore des origines*. C'est-à-dire éditions, pp. 151-162.

GARRETA R., 2023, La cueillette des plantes sauvages aux Pyrénées, à l'interface des enjeux de connaissance et de conservation, dans un contexte en mutation. In : *Actes du X^e colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique, Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, **159** : 147-152.

GARRETA R., MORISSON B., GARCIA J., GIRE L. & CAMBECÈDES J., 2014. *Récolter Gentiana lutea en Pyrénées*. La cueillette des plantes sauvages en Pyrénées Phase 2 : analyse et valorisation. Monographie et rapport d'étude. CBNPMP, 71p.

LESCURE J.-P., THÉVENIN T., GARRETA R., & MORISSON B., 2018. Les plantes faisant l'objet de cueillettes commerciales sur le territoire métropolitain. Une liste commentée. *Le Monde des Plantes*, **517** [2015] : 19-39.

LOCQUEVILLE J., CAMBECÈDES J., GARRETA R., PINEAU C., RUMEAU M., 2024. *Application de la gestion adaptative aux espèces végétales cueillies en France*. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées. 14 p.

LOCQUEVILLE J., MCKEY D., MACDONALD K. I., COQ S. & CAILLON S., 2025. Navigating human-plant reciprocity: Commercial harvesting by professionals of a medicinal plant fosters multi-actor landscape management. *People and Nature*, **7**: 1073-1085

RUMEAU M., GARRETA R. & CAMBECÈDES J., 2024. *Plan de gestion expérimental de la ressource en Gentiane jaune (Gentiana lutea L.) – Une gestion durable et adaptative ?* Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, 36 p.

SCHINDLER C., HERAL E., DRINKWATER E., TIMOSHYN A., MUIR G., WALTER S., LEAMAN D.J., SCHIPPMANN U. (coords), 2022. *Wildcheck – Assessing the risk and opportunities of trade in wild plant ingredients*. Traffic, Rome FAO, 140 p.

VENDER C., AIELLO N., PIOVESANA S., 2010. *Survey of Yellow Gentian populations of the central Alps and records of their main morphological and qualitative characteristics*. Proc. 4th Intern. Symp. On Breeding Researches on Medicinal and Aromatic Plants, 2009. *Acta Horticulturae*, **860**: 101-104,

WALTERS C.J. & HILBORN R., 1976. Adaptive Control of Fishing Systems. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **33** (1): 145-159. <https://doi.org/10.1139/f76-017>

LES CUEILLETES COMMERCIALES : COMMENT ESTIMER LA RESSOURCE ET LES IMPACTS POTENTIELS POUR LES POPULATIONS DE PLANTES SAUVAGES ?

Mailys RUMEAU

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex, mailys.rumeau@cbnmpm.fr

Les plantes sauvages sont omniprésentes dans nos quotidiens. Les industries cosmétiques, pharmaceutiques et agroalimentaires en sont de grosses consommatrices. Or, de nombreuses espèces sont prélevées dans leur milieu naturel, induisant une pression sur la ressource, avec pour conséquence l'apparition d'enjeux de conservation pour les populations sauvages. Depuis plusieurs années, cette situation suscite une prise de conscience des acteurs de la cueillette et des gestionnaires de milieux naturels à l'échelle nationale. Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées s'implique dans cette dynamique, expérimentant diverses études en faveur de la préservation de ce patrimoine naturel.

Afin de réguler les pratiques et de rationaliser les prélèvements, dans la perspective d'une cueillette durable et cohérente avec la conservation en bon état des populations de plantes sauvages, la question de l'estimation de la ressource est centrale. Cette estimation diffère selon la partie de la plante récoltée (feuilles, fleurs, racines...), ainsi diverses méthodes d'estimation de la ressource sont nécessaires.

Pour préserver la ressource et accompagner les cueilleurs professionnels et familiaux dans leurs pratiques, nous avons mis en place des protocoles de suivis visant à mesurer l'impact des cueillettes sur les populations cueillies. Les données issues de ces observations doivent - à terme - permettre d'objectiver des préconisations de cueillette.

Ce poster se penchera sur deux espèces étudiées : *Arnica montana* L. et *Allium ursinum* L..

L'*Arnica* des montagnes subit ces dernières années une pression croissante dans les Pyrénées, depuis que le principal site pourvoyeur, le Markstein - qui représentait 90 % de la production sauvage française - ne permet plus la cueillette commerciale. En effet, le territoire pyrénéen représente le deuxième plus gros site de cueillette d'*arnica* en France. Nous travaillons depuis plusieurs années avec un groupe de cueilleurs sur ce site, afin d'étudier la ressource et les impacts de plusieurs types de cueillette, dans l'objectif d'orienter vers des méthodes de prélèvement durable.

L'Ail des ours fait depuis une dizaine d'années l'objet d'une véritable mode. Les quantités prélevées dans les milieux naturels se comptent en plusieurs milliers de tonnes de matière première fraîche selon les pays fournisseurs. Dans les Pyrénées, la plante pousse en relative abondance, mais l'espèce suscite un tel engouement que certaines stations peuvent être mises à mal. Nous avons donc mis en place une expérimentation *in situ* simulant plusieurs modalités de cueillette de feuilles, pour mieux comprendre les impacts des cueillettes sur la dynamique des populations et ainsi réguler les pratiques.

Recolección comercial: ¿cómo estimar el recurso y el impacto potencial en las poblaciones de plantas silvestres?

Las plantas silvestres son omnipresentes en nuestra vida cotidiana. Las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria son sus grandes consumidoras. Pero muchas especies se recolectan en su medio natural, lo que ejerce presión sobre el recurso y plantea

problemas de conservación de las poblaciones silvestres. Desde hace varios años, esta situación sensibiliza a los profesionales de la recolección y a los gestores del medio natural a nivel nacional. El Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées participa en esta dinámica, experimentando diversos estudios para contribuir a la conservación de este patrimonio natural.

Para regular las prácticas y racionalizar las recolecciones, con vistas a una explotación sostenible y coherente con la conservación de las poblaciones de plantas silvestres en buen estado, la cuestión de la estimación del recurso es central. Esta estimación difiere según la parte de la planta recolectada (hojas, flores, raíces, etc.), por lo que se necesitan varios métodos de estimación del recurso.

Para preservar el recurso y apoyar a los recolectores en sus prácticas, hemos establecido protocolos de seguimiento para medir el impacto de la recolección en las poblaciones recolectadas. Los datos obtenidos de estas observaciones deberían permitirnos, a largo plazo, formular recomendaciones objetivas de recolección.

Este póster se centrará en dos especies estudiadas: *Arnica montana* L. y *Allium ursinum* L..

El *árnica* ha estado sometida a una presión creciente en los últimos años en los Pirineos, ya que el principal lugar de origen, Markstein -que representaba el 90% de la producción silvestre francesa- ya no permite la recolección comercial. De hecho, los Pirineos son la segunda zona de recolección de *árnica* en Francia. Llevamos varios años trabajando en este lugar con un grupo de recolectores para estudiar el recurso y el impacto de varios tipos de recolección, con el objetivo de avanzar hacia métodos de recolección sostenibles.

El ajo de oso está de moda desde hace unos diez años. Se recolectan miles de toneladas de materia prima fresca en medios naturales, según el país proveedor. En los Pirineos, la planta crece en relativa abundancia, pero la popularidad de la especie es tal que algunas estaciones pueden verse amenazadas. Por ello, pusimos en marcha un experimento *in situ* que simulaba varios métodos de recolección de hojas, para comprender mejor el impacto de la recolección en la dinámica de la población y regular así las prácticas.



Arnica montana L.

© Marcel Saule,

Ed. du Pin à crochets, 2018

ETNOMICOLOGÍA EN ANDORRA

Canòlich ÀLVAREZ^{1,3}, Teresa GARNATJE^{4,5}, Airy GRAS¹, Ot GUILLAMET², Meritxell MOYA²,
Manel NIELL², Joan VALLÈS^{1,6} & Vicente ZAPATA²

¹Laboratori de Botànica (UB) – Unitat associada al CSIC, Facultat de Farmàcia i Ciències de l’Alimentació, Universitat de Barcelona, Diagonal 643, E-08028, Barcelona

²Andorra Recerca + Innovació, Av Rocafort, 21-23 Edifici Molí, 3r pis, AD600 Sant Julià de Lòria, Andorra

³Govern d’Andorra - Ministeri de Cultura, Av. de François Mitterrand, 13, AD200 Encamp, Andorre

⁴Institut Botànic de Barcelona-CSIC – Ayuntamiento de Barcelona, Passeig del Migdia s/n, E-08038, Barcelona,

⁵Jardí Botànic Marimurtra – Fundació Carl Faust, Passeig de Carles Faust, 9, E-17300 Blanes

⁶Institut d’Estudis Catalans, Carrer del Carme, 47, Ciutat Vella, E-08001 Barcelona

*autor de correspondència: c.alvarezpuig@ub.edu

Andorra es un país micófilo, donde se recolectan setas de primavera y otoño, especialmente con fines gastronómicos. Un estudio coordinado por M. Niell y J. Girbal en 2006 ha reportado conocimientos etnomicológicos de 39 especies o grupos de especies y 82 nombres populares. Desde 2016, a través del proyecto *Etnobotánica de Andorra: saber popular y vegetales*, coordinado por C. Álvarez, se ha llevado a cabo un total de 123 entrevistas etnobotánicas a 136 informantes, en las cuales hemos obtenido datos de 26 táxones fúngicos y 37 nombres populares, que proporcionan principalmente usos culinarios, con alrededor de 150 reportes de uso (RU). Estos estudios proporcionan datos etnomicológicos que demuestran un uso extenso de las setas por la población entrevistada.

Por otro lado, del 6 al 21 de noviembre de 2023 se realizó una encuesta telefónica en Andorra con el objetivo de conocer los hábitos micófilos de la población andorrana. Se utilizó una muestra de 175 personas residentes en Andorra, mayores de 18 años, seleccionadas al azar siguiendo la metodología CITE. El margen de error es $\pm 3,6\%$ y la muestra fue ponderada por edad. Se ha observado que el 27% de los encuestados recolecta setas. Este dato confirma el carácter micófilo de Andorra, con un porcentaje inferior a Finlandia (38%) considerado de los países más micófilos de Europa. Las personas de nacionalidad andorrana son las más activas (34%) en este ámbito, mientras que el 85% de los residentes de otras nacionalidades no practican esta actividad. Las setas más recolectadas son *Lactarius* gr. *deliciosus*, recogido por aproximadamente el 86,5% de las personas. Le sigue *Boletus* gr. *edulis* (71%), *Gyromitra* *esculenta* (cerca del 23%), *Cantharellus* gr. *cibarius* (22%) y *Ramaria* spp. (19%). El promedio de setas recolectadas por persona es de tres a cuatro especies. Es interesante que *Gyromitra* *esculenta* sea una de las setas más apreciadas, al igual que en los territorios próximos a Andorra, como el Alt Urgell (Cataluña). Sus propiedades tóxicas se mitigan con una preparación adecuada antes de consumirla, tal como nos indican los datos etnomicológicos.

Aparte de los comestibles, pocos datos han sido reportados. En el ámbito medicinal, *Claviceps purpurea* ha sido usado tradicionalmente por las comadronas y la levadura del pan (*Saccharomyces cerevisiae*) para preparar cataplasmas. Además, *Amanita muscaria* se ha empleado como matamoscas y *Sparassis crispa* tiene uso en literatura oral popular.

Ethnomycologie en Andorre

L’Andorre est un pays micophile, où l’on récolte des champignons de printemps et d’automne, notamment à des fins gastronomiques. Une étude coordonnée par M. Niell et J. Girbal en 2006 a rapporté des connaissances ethno- micologiques sur 39 espèces ou groupes

d’espèces et 82 noms populaires. Depuis 2016, dans le cadre du projet *Etnobotánica de Andorra: saber popular y vegetales*, coordonné par C. Álvarez, un total de 123 entretiens ethnobotaniques a été réalisé auprès de 136 informateurs. Ces entretiens ont permis d’obtenir des données sur 26 taxons fongiques et 37 noms populaires, fournissant principalement des usages culinaires, avec environ 150 rapports d’usage (RU). Ces études fournissent des données ethnomicologiques qui démontrent une utilisation étendue des champignons par la population interrogée.

D’autre part, du 6 au 21 novembre 2023, une enquête téléphonique a été réalisée en Andorre dans le but de connaître les habitudes micophiles de la population andorrane. Un échantillon de 175 personnes résidant en Andorre, âgées de plus de 18 ans, a été sélectionné au hasard selon la méthodologie CITE. La marge d’erreur est de $\pm 3,6\%$ et l’échantillon a été pondéré selon l’âge. Il a été observé que 27 % des personnes interrogées récoltent des champignons. Ce chiffre confirme le caractère micophile d’Andorre, avec un pourcentage inférieur à celui de la Finlande (38 %), considérée comme l’un des pays les plus micophiles d’Europe. Les personnes de nationalité andorrane sont les plus actives dans ce domaine (34 %), tandis que 85 % des résidents d’autres nationalités ne pratiquent pas cette activité. Les champignons les plus récoltés sont le *Lactarius* gr. *deliciosus*, cueilli par environ 86,5 % des personnes. Il est suivi par le *Boletus* gr. *edulis* (71 %), le *Gyromitra* *esculenta* (environ 23 %), le *Cantharellus* gr. *cibarius* (22 %) et le *Ramaria* spp. (19 %). En moyenne, trois à quatre espèces de champignons sont récoltées par personne. Il est intéressant de noter que le *Gyromitra* *esculenta* est l’un des champignons les plus appréciés, comme dans les territoires proches de l’Andorre, tels que l’Alt Urgell (Catalogne). Ses propriétés toxiques sont atténuées par une préparation adéquate avant sa consommation, comme l’indiquent les données ethnomicologiques.

En dehors des champignons comestibles, peu de données ont été rapportées. Dans le domaine médical, le *Claviceps purpurea* a été utilisé traditionnellement par les sages-femmes, et la levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*) pour préparer des cataplasmes. De plus, l’*Amanita muscaria* a été employée comme tue-mouches, et le *Sparassis crispa* est mentionné dans la littérature orale populaire.

VERS UNE COMPRÉHENSION RÉCIPROQUE DES ENJEUX POUR CONCILIER PRÉSERVATION DE LA FLORE
ET SPORTS DE NATURE EN MILIEUX ROCHEUX

Nadine SAUTER* & Christelle PINEAU

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex

*auteure correspondante : nadine.sauter@cbnmpm.fr

[postprint : article accepté et révisé, 2^e épreuve en cours de vérification, pagination provisoire]

Résumé

La montée en puissance des sports dits de nature, notamment dans les milieux rocheux, a conduit le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées à s'interroger sur les impacts potentiels à l'endroit de la flore inféodée à ces types d'habitats extrêmes pour de nombreuses formes de vie. Le programme Rocanature, lancé en 2019 s'est emparé de la thématique et a développé une panoplie d'actions : formation, appuis techniques et sensibilisation en direction des acteurs sportifs dans un but de conciliation et de préservation de ces milieux. Dans le cadre d'une approche globale de la problématique, une collaboration entre sciences de la nature et ethnologie a été mise en place en 2024. L'articulation des méthodes des deux champs disciplinaires a pour but de renforcer et d'affiner les actions de sensibilisation auprès des acteurs concernés par la compréhension fine des pratiques, des motivations et de leur capacité à y intégrer les enjeux de conservation de la flore des milieux rocheux.

Mots-clés : flore, milieux rocheux, sports, nature, écologie, ethnologie.

Resumen: Hacia una comprensión mutua de los problemas que plantea la conciliación de la preservación de la flora y de los deportes de naturaleza en medios rocosos

La creciente popularidad de los denominados deportes de naturaleza, especialmente en entornos rocosos, ha llevado al Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées a plantearse el impacto potencial sobre la flora asociada a este tipo de hábitats. El programa Rocanature, que se pondrá en marcha en 2019, se ha hecho cargo de esta cuestión y tiene la misión de desarrollar toda una serie de iniciativas de formación, conservación y sensibilización dirigidas a los aficionados y a los actores del mundo del deporte, con el fin de conciliar, compartir y preservar estos entornos específicos. En el marco de un enfoque global del problema, en 2024 se creó una colaboración entre las ciencias naturales y la etnología. El objetivo de combinar los métodos de las dos disciplinas es reforzar y perfeccionar las iniciativas de sensibilización de los agentes implicados, conociendo en detalle sus prácticas, motivaciones y capacidad de integrar las problemáticas que plantea la conservación de la flora de los medios rocosos.

Palabras clave: flora, medios rocosos, deportes, naturaleza, ecología, etnología.

Summary: Balancing flora preservation and nature sports in rocky landscapes: building mutual understanding

The growing popularity of so-called nature sports, particularly in rocky environments, has led the Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées to consider the potential impact on the flora associated with these types of habitats. The Rocanature programme, which will be launched in 2019, has taken up this issue and is tasked with developing a whole range of training, conservation and awareness-raising initiatives aimed at sports enthusiasts and those involved in the sporting world, with a view to reconciling, sharing and preserving these specific environments. As part of a global approach to the problem, collaboration between the natural sciences and ethnology was set up in 2024. The aim of combining the methods of the two disciplines is to strengthen and refine awareness-raising initiatives among the players involved, by gaining a detailed understanding of their practices, motivations and ability to incorporate the issues involved in conserving the flora of rocky environments.

Keywords: flora, rocky environments, sports, nature, ecology, ethnology.

Introduction

Cet article comprend un double objectif : à la fois présenter le programme Rocanature et les applications concrètes développées depuis son lancement en 2019 par la responsable du projet, Nadine Sauter, mais aussi montrer comment l'articulation entre sciences naturalistes et sciences humaines et sociales peut contribuer à l'amélioration des actions de conservation. Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) a en effet choisi de renforcer la collaboration entre sciences naturalistes et sciences humaines et sociales en 2024. Dès lors, l'implication de Christelle Pineau, ethnologue au CBNPMP, a permis d'engager concrètement un travail entre les deux champs disciplinaires, au bénéfice de ce programme. Avant de développer plus avant cette dimension, nous souhaitons revenir sur les fondements de Rocanature.

Rocanature vise la conciliation entre la biodiversité et les sports dits de nature – nous nous attarderons sur cette dénomination – avec un focus tout particulier sur les plantes de milieux rocheux. Cette approche de la conservation implique la mise en dialogue de différentes catégories d'acteurs (des sportifs de tout niveau aux gestionnaires d'espaces naturels entre autres), indispensable à la compréhension des enjeux réciproques, c'est-à-dire ceux qui ont trait à la survie et à l'épanouissement du végétal, et à ceux qui engagent les humains pratiquant des sports dans ces milieux spécifiques.

Afin de coordonner notre action et d'ajuster nos méthodologies de travail, nous nous sommes appuyées sur *le terrain*, base commune de nos disciplines, quand bien même différentes quant aux regards portés sur les dits terrains, et les finalités intrinsèques à chaque partie. Il fallait savoir d'où nous partions et d'où nous parlions en quelque sorte pour décoder le langage scientifique de l'autre et déjouer quelques stéréotypes enfouis dans nos cerveaux⁴. Quand les premiers regards de l'écologue se posent sur les fleurs dans les milieux rocheux et s'intéressent à leurs présences, à leurs absences, à leurs états de conservation, l'ethnologue focalise son attention sur les humains en interaction avec ces fleurs et leurs milieux. L'intention de ce maniement des perspectives, par le jeu de l'alternance, étant d'aboutir à une « biodiversité » des regards capable de soutenir des actions véritablement concertées.

C'est ainsi que nous avons partagé nos constats et nos questionnements. Du point de vue de l'écologue, la nécessité de s'intéresser de plus près et au plus vite à ces milieux rocheux très particuliers repose sur l'observation sans équivoque d'un essor des activités dites de nature, et de

⁴ Pour une réflexion sur la pratique botanique du point de vue de l'ethnologie, se référer à l'ouvrage de notre collègue Sylvie Magnanon du Conservatoire botanique national de Brest (Magnanon, 2015).

la fréquentation des sites ; ces milieux rocheux et les plantes qu'ils hébergent présentant un fort degré de vulnérabilité et une faible aptitude à la résilience.

Du point de vue de l'ethnologue, la question d'un attrait manifeste par un nombre croissant d'humains⁵ pour tout ce qui relève de la sémantique « nature » questionne non seulement ce que recouvre ce contenant « nature » mais aussi les façons de se relier à « elle », si tant est qu'elle existe (Descola, 2005). La convergence de ces constats et questionnements à double entrée s'est fixée sur le monde vivant dans toute sa diversité, ses interactions, ses dépendances, sur cet « étonnant vivant » (Jesus, 2017) qui donne à penser l'état du monde dans lequel il évolue pour mieux le protéger.

Enjeux naturalistes : de la fleur au pratiquant

Les données comme base de travail

La donnée naturaliste constitue le point de départ de toute action de préservation. Par ses missions d'inventaires, le Conservatoire botanique compile dans le système d'information Lobelia (<https://lobelia-cbn.fr/>) de nombreuses données de terrain, auxquelles s'ajoutent celles de ces partenaires. Ces données sont diverses : elles concernent des espèces (flore vasculaire, bryophytes, champignons et lichens), mais traitent aussi de communautés végétales. Parmi ces éléments, certains font l'objet d'une attention plus particulière : il s'agit par exemple de plantes bénéficiant d'un statut de protection, ou inscrites sur une des listes rouges d'espèces menacées établies selon la méthodologie de l'UICN⁶.

Dès son origine en 2019, le programme Rocanature fait un focus sur la pratique de l'escalade, en privilégiant une collaboration active avec un partenaire de premier ordre, la ligue Occitanie de la FFME⁷. Un premier travail de croisement de données de plantes protégées avec des données de sites de pratique de l'escalade (nommés sites naturels d'escalade) a été réalisé (figure 1). Le résultat de ce croisement a permis de mettre en exergue des sites d'escalade sur lesquels des enjeux floristiques ont été identifiés, selon l'état des connaissances partagées (figure 2). A souligner ici l'importance de l'actualisation des données des sites d'escalade et floristiques.

L'une des difficultés pour les botanistes réside dans la possibilité d'accéder et de visiter ces milieux rocheux. Le cas de la falaise en est un très bon exemple ; sa verticalité ne permet que bien souvent de se tenir au pied de la paroi - quand cela est possible - pour observer les plantes qui y habitent. Or l'escalade offre à l'humain la possibilité d'observer au plus près (et au plus haut) ces plantes. Cette pratique a été utilisée à plusieurs reprises pour compléter les inventaires floristiques.

A l'instar de l'acquisition des données naturalistes, l'inventaire des sites de pratique constitue également un travail de longue haleine. La fédération sportive délégataire

de l'escalade⁸, la FFME, et plus particulièrement en ce qui nous concerne ici la Ligue Occitanie, œuvre au recensement et au diagnostic des sites naturels d'escalade par département. D'autres acteurs, comme la FFCAM⁹, travaillent également au développement et à la gestion des sites d'escalade. Des sites « non officiels » (aussi appelés sites « sauvages » et incluant les « spots secrets », sites censés ne pas être ou peu connus dans la communauté même des grimpeurs) existent néanmoins : sans réelle demande d'autorisation au propriétaire, et sans diagnostic naturaliste, l'équipement et la pratique sur ces sites peuvent être à l'origine de dégradation ou destruction de plantes rupestres rares et protégées.

La connaissance des enjeux floristiques sur les sites et itinéraires de pratiques des autres sports de nature reste tout aussi cruciale et complexe à acquérir ou à faire remonter. En effet, quelle que soit l'activité ou le sport en jeu, les informations des localisations sont hétérogènes tant en qualité qu'en quantité. S'il paraît relativement aisé de recenser les itinéraires VTT¹⁰, les sites de pratique de canyoning¹¹ semblent plus difficiles à inventorier. Néanmoins, les pratiques de vélos, notamment en montagne, aidées par le développement technique des vélos (légèreté, suspension, etc.) – et le déploiement des VTAE¹² qui permettent d'accéder à des sites plus éloignés, et donc potentiellement à davantage de personnes – progressent dans des milieux qui jusqu'ici, étaient sans doute préservés par leurs caractéristiques inhérentes à leur composition rocheuse. Recenser les parcours sur les milieux rocheux comme les éboulis et les crêtes, permet d'identifier les potentiels impacts sur la végétation.

Il en est de même pour le trail, qui depuis quelques années, connaît un engouement croissant avec l'organisation de nombreux événements pouvant rassembler plusieurs centaines, voire milliers de participants. Ces coureurs parcourent en quelques heures des milieux naturels pouvant être sensibles à l'arrachement et/ou au piétinement des sols et des plantes.

L'enjeu commun de préservation des milieux naturels traités ici et de la pratique de sports sur ces mêmes milieux implique donc une connaissance fine de ces composantes, qu'elles soient « naturelles » ou « culturelles ».

⁸ Une fédération délégataire organise les compétitions sportives à l'issue desquelles sont délivrés les titres internationaux, nationaux, régionaux ou départementaux, et procède aux sélections correspondantes. Depuis 1942, la FFME assure la promotion et le développement en France de six activités sportives, dont l'escalade (les autres sont : l'alpinisme, le canyoning, la randonnée montagne, la raquette à neige et le ski-alpinisme.)

⁹ Fédération française des clubs alpins et de montagne

¹⁰ Vélo tout terrain, appelé initialement *mountain bike* à son arrivée en Europe en 1983 ; derrière ce sigle, différentes pratiques de vélo sont regroupées

¹¹ Activité ou sport consistant à suivre les cours d'eau encaissés dans des gorges tout en franchissant leurs divers obstacles : cascades, toboggans, vasques, rochers, etc.

¹² Vélo tout terrain à assistance électrique

⁵ A titre d'exemple, une hausse de la fréquentation des refuges de 33% a été enregistrée pour l'été 2023 en Ariège, par rapport à la moyenne des cinq dernières années selon l'observatoire ADT Ariège. Plusieurs ouvrages attestent de cet intérêt croissant parmi lesquels (Suchet, 2024 ; Kalaora, 2001).

⁶ Union internationale pour la conservation de la nature

⁷ Fédération française de montagne et d'escalade

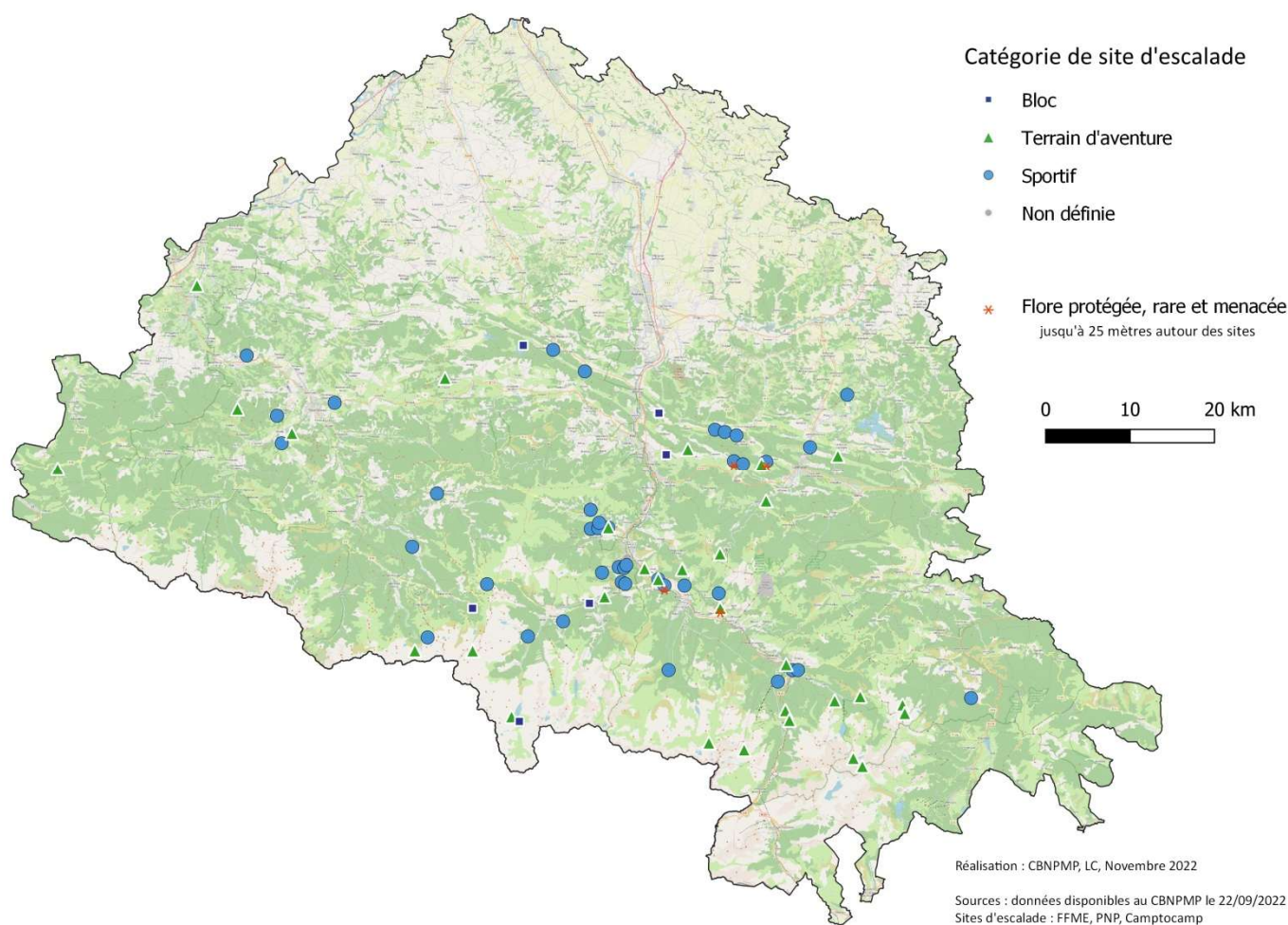


Figure 1 : Exemple de cartographie croisée des enjeux floristiques et sites naturels d'escalade en Ariège (2022).



Figure 2 : *Hormathophylla saxigena* (Corbeille d'argent à gros fruits), plante protégée en France présente sur plusieurs sites d'escalade d'Ariège © N. Sauter/CBNPMP.

De la donnée à l'information

Les données acquises, naturalistes ou sportives, nécessitent d'être largement communiquées à tous, et précisément aux acteurs impliqués dans la gestion et « l'utilisation »⁴ des

espaces naturels. Différents formats de restitution de données sont exposés ici ; ils ne reflètent pas toutes les possibilités qu'offrent les collaborations acteurs sportifs/acteurs naturalistes, ni même une liste exhaustive de ce qui se fait dans le cadre de Rocanature, mais seulement quelques réalisations, fruit d'un travail de compilation et de croisement de données. Ces travaux concernent essentiellement la pratique de l'escalade, le partenariat avec les acteurs du monde de la grimpe étant davantage avancé.

Suite à des diagnostics de terrain, combinant la localisation de plantes protégées avec celle des voies empruntées par les grimpeurs sur la paroi, des bilans synthétiques ont été réalisés, avec deux types d'entrées :

- une approche par site de pratique identifié conjointement avec les grimpeurs ;

- une autre approche en ciblant une espèce particulièrement présente sur un nombre conséquent de sites d'escalade sur un même département.

Plusieurs espèces protégées bénéficient d'un bilan synthétique : citons pour exemple la Scrofulaire des Pyrénées (*Scrophularia pyrenaica* Benth.) dans le

indicateurs utiles à la mise en place d'outils de formation et de sensibilisation. D'où l'insertion ici de guillemets pour souligner le terme « utilisation ». Cette question sera traitée dans le cadre de l'analyse de l'enquête ethnologique en cours.

⁴ Il est intéressant de voir comment les acteurs pensent leurs rapports aux milieux et aux espaces naturels. Les modalités d'appropriation de ces milieux et leur degré traduisent des types de relations au vivant. Ils fournissent des

département des Hautes-Pyrénées, la Jasonie des rochers (*Chiliadenus glutinosus* (L.) Fourr.) en Ariège.

Concernant un autre massif montagneux, et dans un objectif d'apporter des éléments reproductibles aux Pyrénées, deux exemples sont donnés :

- dans le Tarn, un pôle de quatre sites d'escalade dans une même commune (Mont-Roc), très peu éloignés les uns des autres ;

- en Aveyron, à Laval-Roquezezière, sur deux secteurs à quelques dizaines de mètres de distance.

Ces sites hébergent la même plante : la Saxifrage de l'Ecluse (*Micranthes clusii* (Gouan) B.Bock), espèce protégée⁵ dans ces deux départements.

A noter sur le site de Laval-Roquezezière, suite au diagnostic réalisé et à la mise à disposition de ces informations à la FFME et à la commune, le déséquipement (qui consiste à retirer et couper les amarrages – spits (pitons à expansion), broches, goujons – jusqu'au bord de la roche) par le comité territorial FFME de l'Aveyron/Lozère d'un des secteurs d'escalade qui abrite la Saxifrage de l'Ecluse.

Déoulant du travail de compilation des données de Scrofulaire des Pyrénées à l'échelle des sites de pratique d'escalade des Hautes-Pyrénées, une opportunité de communiquer sur cet enjeu s'est présenté grâce aux échanges avec une association locale de grimpeurs (Aure vertical). Deux articles ont ainsi pu être insérés dans la publication de deux topoguides : celui de « Cap-de-long, Néouvielle et Espade », puis celui de « Vallées d'Aure et du Cinca ». En tout, quatre espèces protégées - présentes à différents endroits sur les sites d'escalade - ont pu être décrites et illustrées. En vallée d'Aure (Hautes-Pyrénées), la présence de la Scrofulaire des Pyrénées a été notée à chaque site décrit dans le topoguide lorsqu'elle y a été observée.

Une série de treize cartes d'identité illustrant des plantes de milieux rocheux a été réalisée pour répondre à la fois à la demande d'acteurs de bénéficier d'informations simples et très illustrées sur la flore rupestre, et pour améliorer la visibilité du programme Rocanature lors d'événements et de rassemblements sportifs. Au-delà des Pyrénées, ces cartes illustrées dressent un panorama des espèces végétales qui peuvent être observées lors des différentes activités et sports en milieux rocheux. Ainsi, la Leuzée conifère (*Rhaponticum coniferum* (L.) Greuter) peut être observée par des randonneurs ou à vélo sur des pentes rocailleuses chaudes, alors qu'il faudra prendre de la hauteur pour observer l'Androsace argentée ou de Vandelli (*Androsace argentea* (C.F.Gaertn.) Lapeyr.) qui loge dans les falaises et rochers acides au-dessus de 1800 mètres d'altitude.

Enjeux ethnologiques : du pratiquant à la fleur

Différentes perspectives

A la lueur de ces travaux engagés et décrits du point de vue naturaliste, il importe à présent de préciser la place de l'ethnologie et le cadre de pensée privilégié pour nourrir les observations et les actions de terrain en vue d'une bonne conservation de la flore de milieux rocheux.

⁵ Arrêté ministériel du 30 décembre 2004 relatif à la liste des espèces végétales protégées de Midi-Pyrénées complétant la liste nationale.

Au fondement de la discipline anthropologique⁶ se trouve l'humain. C'est par ce prisme que nous observons les types de relations qu'il noue avec la nature. Comme évoqué dans l'introduction, le contenant « nature » est variable, non stabilisé dans l'espace et dans le temps. La nature n'est pas une notion figée, elle accompagne certaines visions du monde, des façons spécifiques de se relier à des éléments autres qu'humains mais avec lesquels ce dernier construit des formes de sociabilité. C'est en ce sens que la nature est questionnée jusque dans son existence, dans la mesure où la nature ne recouvre pas les mêmes données selon les groupes d'humains répartis sur la planète, et que dans certains cas elle n'est pas nommée ; parce que certains humains ne la considèrent pas comme étant extérieure à eux, plutôt faisant partie de leur « monde » ou bien entrant dans une « écologie des sois » (Kohn, 2013) beaucoup plus large ; c'est-à-dire que les humains sont nécessairement et intrinsèquement reliés à d'autres entités (végétales, animales, voire spirituelles), qu'ils n'existent pas en dehors de toute relation, ce qui signifie que leur « soi » est imbriqué dans des « autres sois » qui deviennent des extensions, d'où la formule « écologie des sois ». Ces façons d'être et de penser révèlent une approche holistique du monde vivant. Le changement de focale proposé, démultipliant les perspectives, peut troubler des esprits qualifiés de cartésiens⁷, mais il faut y voir un gain : la revalorisation du végétal, à qui l'on attribue un statut d'affins (avec qui l'on a des affinités, qui peut être un allié). Ainsi, la prise en compte de cette altérité végétale, envisagée comme être de sociabilité, facilite les attentions à son égard et affûte les regards portés sur elle. Cette façon de voir les choses s'avère stratégique pour des actions de préservation et de conservation.

C'est donc avec ce bagage issu de l'anthropologie de la nature (terminologie forgée par Philippe Descola qu'il qualifie d'ailleurs d'oxymore), mais aussi accompagnée par la pensée féconde du géographe orientaliste Augustin Berque spécialiste de l'étude des milieux, plus précisément de l'écoumène (Berque, 1987) que l'étude aborde ce terrain des sports dits de nature⁸ en interaction avec les fleurs des milieux rocheux.

A l'épreuve du terrain

L'enquête se concentre sur trois sports, choisis pour des caractéristiques à la fois communes et distinctes : l'escalade, le trail et le VTT. Tous trois rencontrent une adhésion croissante de la part de pratiquants urbains et non urbains, mais chacun renvoie à des imaginaires spécifiques.

La première phase du travail de terrain relève de l'ethnographie, c'est-à-dire, du recueil de données via l'observation participante et ou flottante⁹. A ces

⁶ L'utilisation des termes ethnologie et anthropologie peuvent se recouvrir dans une certaine mesure.

⁷ Descartes est régulièrement cité chez les chercheurs en sciences humaines et sociales discutant la séparation entre nature et culture, comme l'un des philosophes ayant contribué à cette césure précisément, avec pour conséquence une distanciation avec les existants autres qu'humains.

⁸ Le voile est à présent levé sur ce « dits » ou sur les guillemets employés par précaution dans l'usage du mot nature.

⁹ L'observation participante est une façon de s'insérer dans les groupes observés en pratiquant ou en participant au plus près aux actions, aux événements. L'observation flottante renvoie à des observations non

observations s'ajoutent des entretiens semi-directifs, vingt-neuf ont été menés en six mois dans les Hautes-Pyrénées, auprès de pratiquants expérimentés, de loisirs, pour certains sportifs professionnels, de gestionnaires d'espaces accueillants des pratiques sportives dites de nature, d'organismes d'événements. En parallèle, un questionnaire en ligne et papier a été élaboré pour ouvrir la réflexion à des publics plus occasionnels. Ce questionnaire comporte cinq questions ouvertes visant à laisser les personnes s'exprimer sur leur pratique et leur perception de la nature. Il a été déposé ou envoyé notamment dans des lieux d'accueil touristiques, ou encore auprès des pratiquants via leurs clubs d'affiliation. L'intention de cette enquête complémentaire et qualitative réside dans l'apport de points de vue plus éloignés de la pratique. Le questionnaire n'a pas de vocation statistique. Ces différents outils d'analyses de terrain, soutenus par une bibliographie appropriée, permettent de faire émerger des occurrences ou des dissonances entre discours et pratiques.

Le travail d'analyse est en cours et les résultats feront l'objet d'une communication ultérieure, mais nous pouvons d'ores et déjà préciser que nous accordons une importance particulière aux paroles situées, c'est-à-dire ancrées dans des parcours de vie et dans leur contexte. Ce positionnement épistémologique permet de prendre en compte la singularité et la complexité de la parole énoncée et de contribuer à une interprétation des données plus nuancée. Un intérêt particulier est porté aux formes d'attachements aux milieux (ou « natures ») et aux relations « éco-techno-symboliques » qui les sous-tendent (Berque, 1987).

Des actions en cascade pour des voies de passage

L'appui technique : une approche intégrée

Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, intervient en appui technique dans le cadre de Rocanature, comme c'est le cas pour d'autres programmes. Mais la spécificité des milieux abordés (pour rappel, difficulté d'accès et de prospections des sites étudiés) nécessite une adaptation et un développement de compétence sportive de la part de l'écologue en charge de l'appui. Descendre en rappel dans un canyon, grimper sur une paroi sont des moyens de progression indispensables pour accompagner au mieux porteurs de projet, clubs d'escalade ou bien encore moniteurs de canyon dans leur démarche de prise en compte de la biodiversité.

Prenons l'exemple de l'appui technique dispensé en 2024 à une association de grimpeurs (grimpeurs des Gaves) à l'occasion d'une démarche de rééquipement et de sécurisation d'un site d'escalade sur une falaise près du refuge du Larribet (Hautes-Pyrénées, commune d'Arrens-Marsous en zone cœur du PNP¹⁰). Cet appui a été réalisé en collaboration avec le Parc et la gardienne du refuge du Larribet. L'objectif de l'association était aussi de former des équipiers bénévoles afin d'entretenir les voies dites de

montagnes classées en terrain d'aventure¹¹. Lors de la marche d'approche de près de 2h30 pour accéder au site, des discussions se sont engagées (figure 3) sur la cohabitation avec les plantes, mais aussi avec les animaux d'estives (dont certains laissent de copieuses traces – crottes – au pied des voies). La question des différents usages d'un milieu *a priori* commun s'est révélée centrale.



Figure 3 : Diagnostic floristique et appui technique au Larribet (Hautes-Pyrénées) © C. Pineau/CBNPMP.

Une fois sur place, une première partie du travail a consisté à réaliser un inventaire floristique des parois. Le diagnostic s'est déroulé depuis le pied de la falaise où aucune espèce protégée n'a été repérée. De son côté, le PNP a réalisé un inventaire ornithologique.

Des discussions au pied des voies ont permis d'aborder la question du « nettoyage » de la végétation lors des travaux d'équipement ou de rééquipement¹², et d'illustrer les propos par l'observation de quelques plantes rupestres et l'explication de leurs caractéristiques : ces espèces adaptées aux parois ne sont pas compétitives et elles ne peuvent pas habiter en d'autres milieux. Le message principal insistait sur la nécessité de se rendre compte de leur présence, de faire attention à ne pas les arracher ni à les piétiner pour les préserver, et pouvoir les admirer. L'écologue, par ailleurs elle-même grimpeuse, étant bien consciente « *qu'il n'est pas facile de grimper et de regarder, cela demande un double effort.* »

Un deuxième temps a été organisé au mois de septembre de la même année au Larribet, avec une dizaine de grimpeurs-équipiers, dans le cadre d'un week-end consacré aux travaux de rééquipement. L'intervention dédiée à la prise en compte de la biodiversité s'est déroulée entièrement au refuge du Larribet en raison de conditions météorologiques quasi-hivernales à cette altitude (2060 mètres) : neige et vent glacial !

¹¹ Falaises et/ou voies non équipées à demeure et/ou de façon aléatoire, ne respectant pas la norme fédérale et engageant la responsabilité du pratiquant ; dans le cas des voies au Larribet, les relais ne sont pas chaînés.

¹² L'équipement consiste, après avoir fait tomber les blocs et écaillles menaçants, à poser des équipements (amarrages, relais) sur une falaise vierge afin de pouvoir pratiquer l'escalade. Le rééquipement correspond au remplacement des ancrages vétustes, en respectant au maximum l'engagement antérieur.

programmées où l'œil de l'ethnologue reste « vacant et disponible » pour tout type d'informations (Moussaoui, 2012).

¹⁰ Parc national des Pyrénées



Figure 4 : Intervention biodiversité/flore en formation « opérateurs équi-peurs » à Cierp-Gaud (Haute-Garonne) © NS/CBNPMP.

L'objectif était de revenir sur les notions d'écologie et des traits de vie des espèces rupestres. Un jeu d'association d'images (photos de plantes de rochers) et de textes décrivant le type d'adaptation utilisée par des plantes (similaire à un jeu de *memory*), a permis d'apporter de nombreux contenus et a facilité les échanges autour de la question de la présence de végétation sur les milieux rocheux et plus particulièrement sur les parois rocheuses¹³. En effet, un certain nombre de grimpeurs n'a pas conscience de la possibilité qu'ont des plantes de vivre sur la paroi ; la place de la végétation est souvent cantonnée aux vires herbeuses pour les grimpeurs, or ce sont justement les plantes qui poussent dans les fissures et les anfractuosités qui méritent une attention très particulière.

Former au plus près des enjeux

Profitant de la nouvelle filière équipement portée par la ligue Occitanie FFME et d'une dynamique de travail et d'échanges réguliers, le programme Rocanature a pu

intégrer la formation d'opérateurs équi-peurs dans sa nouvelle version en 2023. Cette formation fédérale¹⁴ a vocation à préparer et équiper des voies d'escalade en site naturel dans le respect de la réglementation et des recommandations fédérales, tout en veillant au respect de l'environnement (incluant la biodiversité) et au développement durable.

Jusqu'ici, deux interventions ont été réalisées, toutes deux en 2023 : l'une dans les Pyrénées-Orientales, à Opoul-Pénillos, en partenariat avec le Conservatoire botanique national méditerranéen, l'autre en Haute-Garonne, à Cierp-Gaud (figure 4). En amont des phases de terrain, un temps de présentation et d'échanges a été organisé en visioconférence, les stagiaires pouvant venir de toute la région Occitanie. Des éléments d'écologie générale et de biodiversité ont été délivrés, ainsi que des exemples de stratégie d'adaptation de quelques plantes d'altitude et de milieux rocheux. Une partie sur la réglementation des espèces et espaces protégés a suscité un certain nombre de questions, démontrant le besoin d'apporter des informations sur ce point et sur les différents niveaux de protection des espaces et des espèces.

Les phases de terrain – chacune d'une journée – ont permis de rassembler une quinzaine de personnes. Les groupes sont de taille réduite pour des raisons de sécurité et d'encadrement, mais permettent de fait des échanges plus poussés et plus fournis avec les participants. Sur l'un des sites, une plante protégée, la Lavatère maritime (*Malva subovata* (DC.) Molero & J.M.Monts.) a été découverte le jour de la formation au pied de voies d'escalade. Cet enjeu floristique a pu être pris en compte dans le cadre des travaux de rééquipement, et par la suite, a fait l'objet d'un paragraphe sur un panneau de présentation du site placé sur le parking.

Les impacts des travaux lors de l'équipement de falaise – purge de blocs ou écaillures rocheuses à l'aide de marteau, à la canne à purge ou au pied de biche, nettoyage de la paroi pour enlever la terre et la végétation à la main ou à l'aide de brosse métallique – ont été présentés. Un des premiers et principaux objectifs est de sensibiliser les stagiaires à la présence de plantes sur la paroi. En effet, si les grimpeurs sont globalement conscients de la présence de végétation sur la falaise, surtout sur les vires herbeuses et au pied de la paroi ou sur la partie sommitale, il leur est plus difficile d'imaginer des plantes – autres que des mousses et des lichens – inféodées aux milieux rupestres. Quelques mécanismes d'adaptation sont alors explicités et illustrés directement sur la paroi : racines se faufilant dans les interstices et les anfractuosités, espèces plaquées contre la paroi pour diminuer la prise au vent, feuilles densément recouvertes de poils pour lutter contre la perte d'eau et le dessèchement.

A partir de ce constat, une réflexion est amorcée sur l'impact que peut avoir la purge et le nettoyage sur ces espèces rupestres : destruction d'individus pouvant amener à la disparition de la population d'une espèce dans un site, perturbation du milieu avec des interstices laissés inoccupés et une potentielle colonisation par des espèces plus compétitives et/ou par des espèces exotiques envahissantes.

¹³ Pour davantage de précisions concernant les adaptations et plus largement sur les milieux rocheux, voir Pech, 2013.

¹⁴ Formation qui dépend d'une fédération, en l'occurrence de la FFME, et qui n'a pas de reconnaissance professionnelle.

Sensibiliser les pratiquants et au-delà

En complément des appuis techniques et des formations dispensées auprès d'acteurs directs des pratiques sportives en sites naturels, différents outils de sensibilisation ont été déployés pour s'adresser à un public plus large. Parce que la sensibilisation aux éléments de la nature peut et doit toucher tout un chacun, potentiel pratiquant ou proche d'un ami, d'un voisin, d'un membre de sa famille engagé dans un sport dit de nature. Les pratiquants de sports sont intégrés dans des réseaux sociaux multiples, et à ce titre, aucun relai ne doit être négligé. L'information ne peut être circonscrite à des cercles de spécialistes. Depuis cette perspective, la tâche apparaît conséquente, mais l'ignorer conduirait à mener des actions limitées, voire stériles sur le long terme.



Figure 5 : Prise de vue dans la coume du pic du Midi pour la vidéo VTT (Bagnères-de-Bigorre, Hautes-Pyrénées) © CP/CBNPMP.

C'est pour cette raison que nous avons réalisé de courtes vidéos portant à la fois des messages d'informations, de prévention mais aussi de transmission d'émotions positives possiblement engendrées par la connaissance des plantes. Bien souvent, c'est par méconnaissance que les plantes souffrent de mauvaises pratiques sportives. Les plantes, qui plus est de milieux rocheux, restent méconnues, invisibilisées du fait d'habitats difficiles d'accès. Par ailleurs, elles n'émettent pas de signaux sonores audibles pour l'oreille humaine¹⁵, comme peuvent le faire les animaux dans certains cas où ils se trouvent dérangés. En l'absence d'alerte sonore, il convient de redoubler les messages d'alerte en amont. Six vidéos ont donc été réalisées sur six sports dits de nature : escalade, trail, VTT, randonnée, canyoning, via ferrata (figure 5). Elles s'adressent à toutes catégories de personnes, mais les jeunes nous semblent d'autant plus importants à atteindre qu'ils ont vocation à profiter plus longuement des espaces naturels, et à devenir eux-mêmes des porteurs de messages d'attention et de protection à l'endroit des plantes, composantes de la biodiversité. Ces vidéos sont visibles sur le site du conservatoire et relayées dans certaines enceintes à l'occasion d'événements. Elles sont partie intégrante de la boîte à outils « sensibilisation ».

¹⁵ Nous ne discuterons pas ici de ces signaux et de leurs interprétations dans différents cadres de pensée, toutefois, et pour prolonger la réflexion, nous renvoyons à l'ouvrage de Quentin Hiernaux (Hiernaux, 2020).



Figure 6 : Affiche de la table-ronde VTT organisée en novembre 2024 à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).

Une autre voie de transmission des messages d'information et de sensibilisation est celle de la mise en place de tables-rondes avec des acteurs du sport visé *in situ*. Pour exemple, celle qui s'est tenue dans une salle d'escalade de Tarbes en avril 2024, avec cinq intervenants, des plus sportivement titrés aux plus dilettantes. L'idée étant d'interpeller et d'inviter aux échanges avec le public, au travers des témoignages des invités, de leur rapport à leur pratique, de leur vision de la nature, de leurs façons de s'accrocher aux milieux en quelque sorte. Le titre de cette table-ronde étant « Pierres, fleurs, signaux, accrochons-nous ! ». Au fur et à mesure des échanges, guidés par quelques questions de l'ethnologue et de l'écologue, ont émergé des propos personnels sur le rapport au vivant, qui ont favorisé les interactions avec le public. Ce dernier a formulé un avis très favorable sur ce type d'initiative, et a invité à la reproduire. Nous avons donc renouvelé l'expérience, quelques mois plus tard, sur le VTT, dans un lieu dédié au vélo à Bagnères de Bigorre sur le thème « Le cycle des fleurs » (figure 6). Si les enjeux et les propos des invités et de l'assistance ont suivi d'autres chemins, des réactions similaires ont été formulées sur l'intérêt de mettre en place ces temps de discussions dans un cadre bienveillant. Un ancien pratiquant de VTT de montagne, a avoué par la suite « avoir cru qu'on allait leur tirer les oreilles ». L'objectif est bien de mettre en présence des points de vue potentiellement différents, de donner des éléments concrets d'informations sur la vie des plantes de milieux rocheux, mais aussi d'aborder des questions épineuses sans stigmatiser les pratiquants. Si la ligne de crête est difficile à tenir, elle mérite d'être empruntée. Le simple fait de créer ces temps d'échanges, de laisser les différents acteurs verbaliser leurs rapports à la pratique de leur sport et à ce qu'ils nomment la nature, favorise la compréhension des enjeux de conservation portés par les naturalistes. La dimension performative est intégrée dans l'organisation de ces tables-rondes qui stimulent la réflexion personnelle et collective. Elles agissent au-delà des propos énoncés dans l'espace-temps de ces rencontres. Des captations audios ont été réalisées pendant les tables-rondes et des documents sonores en ont été extraits. Ils peuvent être écoutés sur la page dédiée au programme Rocanature du site internet du CBNPMP.

Conclusion : Un programme « biodiversifié »

Dans cet article nous avons souhaité rendre compte des résultats en cours de réalisation du programme Rocanature au travers des études croisées entre sciences de la nature et sciences humaines et sociales. La mise en regard des disciplines écologique et ethnologique participe à une meilleure compréhension des enjeux de la part des acteurs

engagés dans des pratiques sportives dites de nature. Ce programme épouse, d'une certaine manière, par sa méthodologie, les objectifs de conservation de la diversité de la flore rupestre : il fait preuve de « biodiversification » dans ses pratiques.

Pour ce faire, l'implication des acteurs dans différents types d'actions est un atout majeur pour la prise en compte des enjeux de protection des espèces et des milieux. Ce travail d'information, de formation et de médiation contribue à la transformation progressive – par effet de seuil – des regards portés sur le végétal, des façons de se comporter avec lui et des façons d'être avec/dans les milieux. Cette approche est un facteur de transformation sociale.

Des interventions dans les formations initiales d'équipeurs-grimpeurs (FFME Occitanie) et des appuis techniques intégrés lors de rééquipement de voies d'escalade (le Larribet) ont permis d'enclencher une dynamique de travail et de partenariat efficiente par la mise en confiance de toutes les parties pour servir l'objectif de protection et de préservation de la flore de milieux rocheux. Ces interventions ont vocation à être déployées plus largement sur les autres sports tels que le trail, le VTT mais aussi le canyoning, la randonnée et le kayakisme. Outre les apports de connaissance sur la spécificité de la flore rupestre à dispenser auprès des pratiquants de ces sports, il apparaît nécessaire d'informer au-delà des cercles spécialisés. C'est à cet endroit, notamment, que les outils de sensibilisation mis en place et soutenus par l'enquête ethnologique peuvent accompagner le travail de terrain de l'écologue. Le monde végétal étant relié plus ou moins directement selon les contextes aux humains, il semblerait incohérent de ne pas traiter la question de sa protection dans une approche globale, autrement dit holistique.

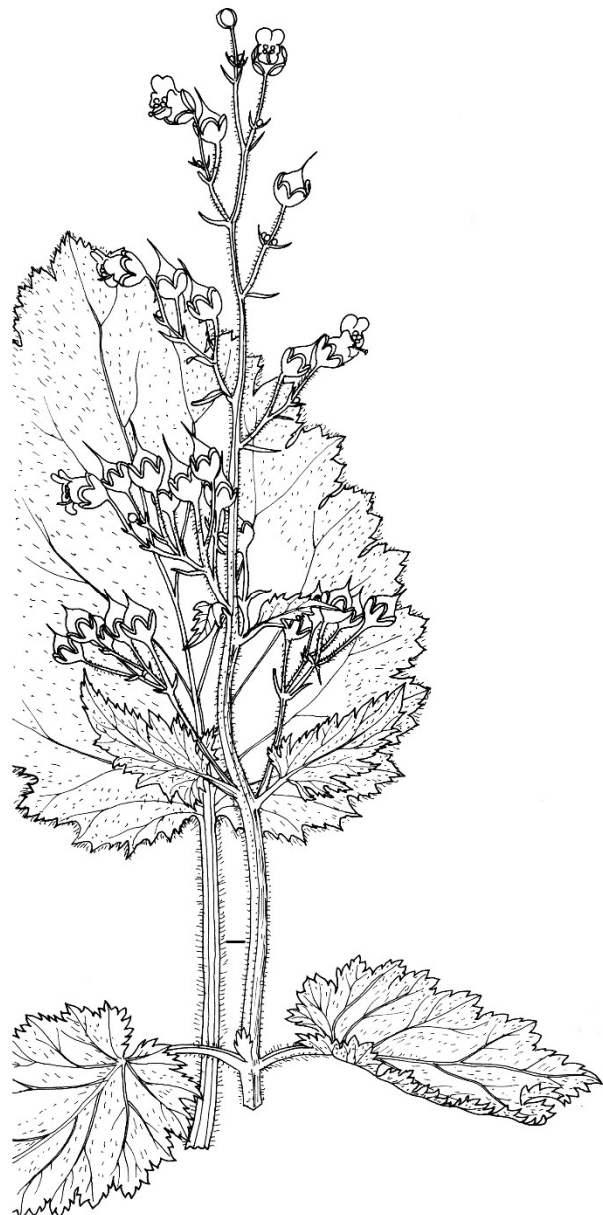
L'interdisciplinarité choisie et expérimentée depuis un an au Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées dans le cadre de Rocanature, mise sur les apports heuristiques de la démarche en cherchant à éviter les écueils des incompréhensions et la prédominance d'une discipline sur l'autre (Pecqueux & al., 2022). Ce pari en cours de réalisation ne demande qu'à essaimer.

Bibliographie

- BERQUE A., 1987. *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*. Belin, Paris, 448 p.
- DESCOLA P., 2005. *Par-delà nature et culture*. Gallimard, Paris, 800 p.
- HIERNAUX Q., 2020. *Du comportement végétal à l'intelligence des plantes ?* Quae, Versailles, 98 p.
- JESSUS C. (dir.), 2017. *Étonnant vivant. Découvertes et promesses du XXI^e siècle*, CNRS éditions, Paris, 328 p.
- KALAORA B., 2001. A la conquête de la pleine nature. *Ethnologie française*, **31** (4) : 591-597, Paris, PUF, 192 p.
- KOHN E., 2017 (2013). *Comment pensent les forêts : vers une anthropologie au-delà de l'humain*. Zones sensibles éditions, Bruxelles, 334 p.
- MAGNANON S., 2015. *Les botanistes. Contribution à l'ethnologie des passions naturalistes*. L'Harmattan, Paris, 164 p.
- MOUSSAOUI A., 2012. Observer en anthropologie, immersion et distance. *Contraste*, **36** (1) : 29-46, <https://doi.org/10.3917/cont.036.0029>.
- Pech P, 2013. *Les milieux rupicoles. Les enjeux de la conservation des sols rocheux*, Quae, Versailles, 159 p.

PECQUEUX A., POUPIN P. & VUILLEROD J.-B. (dir.), 2022. *L'interdisciplinarité « en effet » : sciences sociales, sciences naturelles*. Tracés, hors série. ENS éditions, Lyon, 212 p.

SOUCHET A., 2024. Nature(s) sportive(s). *L'information géographique*, **8** (3) : 150 p.



Scrophularia pyrenaica Benth.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

LA FLORE PYRÉNÉENNE SOUS L'ŒIL DU DRONE

Hamdi ANOUAR

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, F-65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex, anouar.hamdi@cbnmpm.fr

Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées s'est doté d'un drone depuis 2020. Plusieurs expérimentations ont été conduites afin d'évaluer la plus-value de cet outil dans l'atteinte d'un certain nombre d'objectifs, comme :

- dresser un inventaire complet des espèces dans des milieux difficiles d'accès, comme les éboulis et les falaises ;
- contribuer à déterminer l'état de conservation d'espèces patrimoniales ;
- estimer l'évolution des populations d'espèces sous la pression de la cueillette.

Afin de répondre à ces questions à l'aide d'un drone, il est nécessaire de posséder des compétences et une connaissance approfondie de plusieurs disciplines comme :

- la programmation de vol pour obtenir des photos qui répondent aux attentes ;
- la photogrammétrie pour obtenir une orthophoto à partir des images acquises sur le terrain ;
- la télédétection pour analyser l'orthophoto et produire des indicateurs.

Au cours de la présentation, des exemples éclaireront et étayeront les méthodes employées ainsi que les champs d'études scientifiques abordés. Ces expérimentations ont été menées sur des sites pyrénéens et portent sur les espèces suivantes :

- *Gentiana lutea* et *Arnica montana*, confrontées à des défis de cueillette dans les Pyrénées ;
- *Aster pyrenaicus*, suivi dans le cadre d'un Plan national d'actions (PNA), localisé dans une station difficile d'accès dans la vallée d'Aspe ;
- *Dioscorea pyrenaica*, espèce endémique des Pyrénées, dans un éboulis situé dans le cœur du Parc national des Pyrénées ;
- *Androsace pyrenaica*, espèce endémique des Pyrénées, sur une falaise située dans la Réserve naturelle nationale du Néouvielle.

La flora pirenaica bajo el ojo del dron

El Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées cuenta con un dron desde 2020. Se han llevado a cabo varias experimentaciones para evaluar el valor añadido de esta herramienta en la consecución de varios objetivos, como:

- Realizar un inventario completo de las especies en ambientes de difícil acceso, como los pedregales y los acantilados;
- Contribuir a determinar el estado de conservación de especies patrimoniales;
- Estimar la evolución de las poblaciones de especies bajo la presión de la recolección.

Para responder a estas cuestiones utilizando un dron, es necesario poseer competencias y un conocimiento profundo en varias disciplinas, como:

- La programación de vuelos para obtener fotos que cumplan con los requisitos;
- La fotogrametría para obtener una ortofoto a partir de las imágenes adquiridas en el campo;
- La teledetección para analizar la ortofoto y generar indicadores.

Durante la presentación se mostrarán ejemplos que ilustrarán y respaldarán los métodos empleados, así como los campos de estudio científico abordados. Estas experimentaciones se han

llevado a cabo en sitios pirenaicos y se centran en las siguientes especies:

- *Gentiana lutea* y *Arnica montana*, enfrentadas a desafíos de recolección en los Pirineos;
- *Aster pyrenaicus*, monitoreado en el marco de un Plan Nacional de Acciones (PNA), localizado en una estación de difícil acceso en el valle de Aspe;
- *Dioscorea pyrenaica*, especie endémica de los Pirineos, en un pedregal ubicado en el corazón del *Parc national des Pyrénées*;
- *Androsace pyrenaica*, especie endémica de los Pirineos, en un acantilado situado en la *Réserve naturelle nationale du Néouvielle*.



Gentiana lutea L.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

iNATURALIST: UNA HERRAMIENTA DE CIENCIA CIUDADANA PARA MEJORAR EL CONOCIMIENTO DE LA FLORA PIRENAICA

Eduard LÓPEZ-GUILLÉN*, Iván PÉREZ-LORENZO, Jordi LÓPEZ-PUJOL, Oriane HIDALGO, Sònia GARCIA & Neus NUALART

Institut Botànic de Barcelona-CSIC – Ayuntamiento de Barcelona, Passeig del Migdia s/n, E-08038, Barcelona

*autor de correspondencia: eduard.lopez.guillen@gmail.com

El portal de ciencia ciudadana iNaturalist tiene una relevancia excepcional por democratizar el acceso a la ciencia y por su vasta compilación de datos de biodiversidad, con más de 79 millones correspondiendo a plantas, algunas de las cuales representan el descubrimiento de nuevos taxones o las primeras citas de algunos otros en algunas regiones del mundo.

Su éxito se explica principalmente por aspectos como la sencillez de su uso (sólo es necesario un dispositivo móvil y conexión a internet para poder llevar a cabo una observación); el sistema de validación de las observaciones a través de otros usuarios; su acceso abierto que permite que se puedan usar las observaciones con cualquier propósito, y la posibilidad de crear proyectos, que permiten compilar información adicional y que se pueden usar en eventos como “bioblitzs” o “biomaratonos”. Sin embargo, hay ciertos aspectos que se deben tener en cuenta si se quieren obtener resultados de calidad a partir de datos procedentes de iNaturalist. De entre estos aspectos destacamos los errores de identificación, la falta de precisión geográfica o la inclusión de datos de plantas cultivadas.

A día de hoy el portal recoge para la región de los Pirineos más de un cuarto de millón de observaciones de cerca de 4600 especies de una red de más de 10.000 observadores, lo que ofrece un gran potencial para mejorar el conocimiento de la flora de la cordillera. Por este motivo, dentro del proyecto FLORAPYR 3D, iNaturalist presenta múltiples posibilidades. Algunas de éstas serían la evaluación de los efectos del cambio climático (cambios en la distribución de las especies o en la fenología), la detección temprana de especies alóctonas invasoras, el conocimiento de las interacciones planta-animal, la concienciación de la población local o el seguimiento de flora amenazada o protegida. Respecto a esta última en concreto, esta plataforma permitiría ampliar el conocimiento sobre su distribución y biología y, de esta manera, se podrían llevar a cabo acciones efectivas para su conservación.

iNaturalist : un outil de science citoyenne pour améliorer la connaissance de la flore pyrénéenne

Le portail de science citoyenne iNaturalist est d'une importance exceptionnelle non seulement pour la démocratisation de l'accès à la science, mais aussi pour sa vaste compilation de données sur la biodiversité, avec plus de 190 millions d'observations (dont plus de 79 millions correspondant à des plantes), dont certaines représentent la découverte de nouveaux taxons ou les premiers enregistrements d'autres taxons dans certaines régions du monde.

Le succès de cette plateforme s'explique principalement par des aspects tels que la simplicité de son utilisation (il suffit d'un appareil mobile et d'une connexion internet pour effectuer une observation) ; le système de validation des observations par d'autres utilisateurs ; son accès ouvert qui permet d'utiliser les observations dans n'importe quel but ; et la possibilité de créer des projets, qui permettent de compiler des informations supplémentaires et de les utiliser lors d'événements tels que les "bioblitz" ou les "biomarathons". Cependant, certains aspects doivent être pris en compte si l'on veut obtenir des résultats de qualité à partir des données d'iNaturalist. Il s'agit notamment des

erreurs d'identification, du manque de précision géographique et de l'inclusion de données relatives à des plantes cultivées.

Dans le cadre du projet FLORAPYR 3D, iNaturalist offre de multiples possibilités telles que l'évaluation des effets du changement climatique (changements dans la distribution des espèces ou dans la phénologie), le suivi de la flore menacée ou protégée, la détection précoce d'espèces exotiques envahissantes, la connaissance des interactions plantes-animaux ou la sensibilisation de la population locale. A ce jour, le portail recueille pour le massif des Pyrénées plus de 250 000 observations et près de 4600 espèces provenant d'un réseau de plus de 10 000 observateurs, ce qui offre un grand potentiel d'amélioration des connaissances sur la flore des Pyrénées.

*Lilium pyrenaicum* Gouan

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

MISE À JOUR CHOROLOGIQUE ET CONSIDÉRATIONS TAXONOMIQUES AUTOUR DE L'ESPÈCE PROTÉGÉE
BOTRYCHIUM SIMPLEX E.HITCHC. DANS LES PYRÉNÉES-ORIENTALES. LE BOTRYCHE SIMPLE... ÇA SE COMPLIQUE !

Jean-Marc LEWIN¹, Claude GUISET¹ & Antoine SÉNAC² avec la collaboration de
Sandra MENDEZ², Josep PARERA², Sylvain DANIELO², Adrien CHARPIN², P. GAULTIER² & Maria MARTIN²

¹Association Charles Flahault, 1 boulevard de Clairfont (Parc de Clairfont), F-66350 Toulouges

²Fédération des Réserves naturelles catalanes, 9 rue de Mahou, F-66500 Prades

*auteur correspondant : jemlevin@club-internet.fr

Espèce discrète et hautement patrimoniale, *Botrychium simplex* appartient à la famille des *Ophioglossaceae*, dont deux genres sont représentés en France (*Ophioglossum* et *Botrychium*). Les botrychiums partagent de nombreux traits morphologiques et les différences subtiles rendent difficile l'identification des espèces sur le terrain.

Fougère circumboréale, on rencontre habituellement le botryche simple dans les pelouses humides subalpines à nard raide, en bords de ruisseau ou de lac, les tourbières et les bas-marais acides. Les enjeux de conservation sont multiples : pression pastorale, fermeture et assèchement des milieux naturels abritant cette espèce vivace et peu compétitive, de par sa très petite taille.

Botrychium simplex est considéré dans le sud de l'Europe comme une relictte glaciaire, et sera citée pour la première fois dans les Pyrénées-Orientales en 1962, seul département pyrénéen où elle est connue à ce jour. Dans ce territoire, une série de découvertes plus récentes portent le nombre de stations répertoriées à une dizaine, dont une majorité se situent dans les Laboratoires botaniques à ciel ouvert animés dans le cadre des projets POCTEFA Floralab et Floralab+. Agents des Réserves naturelles catalanes, du Parc naturel régional des Pyrénées catalanes et membres d'associations naturalistes en assurent un suivi annuel, faisant part d'abondances irrégulières. Cette espèce est connue pour son importante variabilité morphologique, ce qui se traduit par la description de plusieurs taxons infraspécifiques, dont certains semblent les plus couramment représentés en Europe (cf. *incisa*). Des considérations taxonomiques récentes portent également à considérer le taxon *tenebrosum* (dont le rang d'espèce reste controversé) comme potentiellement présent dans les Pyrénées-Orientales, d'autant plus qu'il pourrait être en mélange avec *simplex* pour former des populations communes...

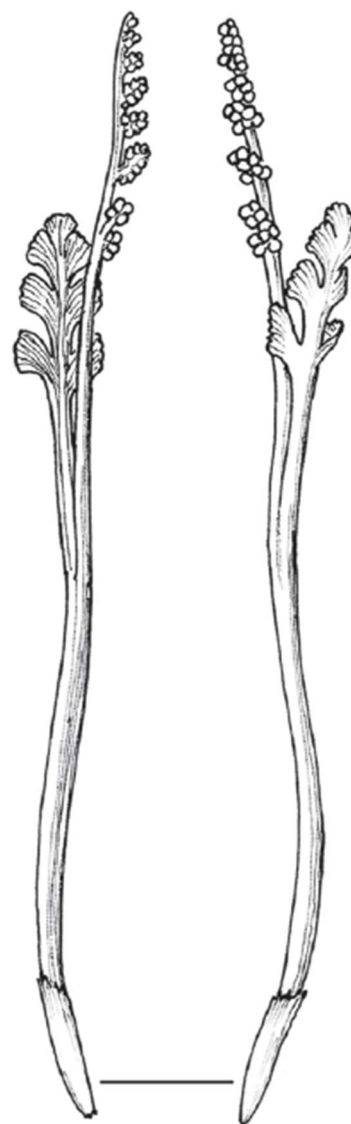
Actualización corológica y consideraciones taxonómicas sobre la especie protegida *Botrychium simplex* E.Hitchc. en los Pirineos Orientales. *Botrychium simplex*... ¿se complica!

Botrychium simplex es una planta discreta de alto valor de conservación, perteneciente a la familia *Ophioglossaceae*, de la que dos géneros están representados en Francia (*Ophioglossum* y *Botrychium*). Los botrychiums comparten muchos rasgos morfológicos, y las sutiles diferencias dificultan la identificación de las especies sobre el terreno.

Helecho circumboreal, el botrychium simple, suele encontrarse en prados húmedos subalpinos con nardo, en las orillas de ríos o lagos, turberas y humedales ácidos. La presión de pastoreo, el cierre y la secación de los medios naturales en los que vive esta especie perenne, poco competitiva debido a su pequeño tamaño, plantean problemas de conservación.

Botrychium simplex se considera en el sur de Europa una reliquia glaciaria, y se registró por primera vez en los Pirineos-Orientales en 1962, único departamento del Pirineo donde se conoce hasta la fecha. En esta región, una serie de descubrimientos más recientes han elevado a 10 el número de localidades catalogadas, la mayoría de ellas situadas en los laboratorios botánicos a cielo abierto de los

proyectos POCTEFA Floralab y Floralab+. Agentes de las reservas naturales catalanas, del *Parc naturel régional des Pyrénées catalanes* y miembros de asociaciones naturalistas realizan un seguimiento anual de la especie, informando de abundancias irregulares. Esta especie es conocida por su considerable variabilidad morfológica, lo cual ha llevado a la descripción de varios taxones infraspécíficos, algunos de los cuales parecen ser los más comúnmente representados en Europa (cf. *incisa*). Recientes consideraciones taxonómicas nos llevan también a considerar el taxón *tenebrosum* (cuyo rango de especie esta controvertido) como potencialmente presente en los Pirineos-Orientales, sobre todo al poder cohabitar con *simplex* para formar poblaciones comunes...



Botrychium simplex E.Hitchc.

© Marcel Saule, Ed. du Pin à crochets, 2018

CITATION DES ARTICLES

Citation de l'article : COLLETTE N., FRAISSE J., BERTRAND R., PINEL S., DELORME-HINOUX V., MURIENNE J. & BERTRAND J.A.M., 2025. Modèles de distribution d'espèces : enjeux, défis et perspectives pour une conservation éclairée. In : Actes du XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique, Targassonne, 14-17 octobre 2024, *Le Monde des Plantes*, 524-525-526 : xx-xx.

TEJERO IBARRA P., GÜIZA MÁRQUEZ E., PÉREZ-SERRANO M., GARCÍA DEL BAO A., POKORNY L., VIRUEL J., CATALÁN P., VILLAVERDE T., MITXELENA A., JIMÉNEZ-ALFARO B., PÉREZ A., ILLA E., PLADEVALL C., CORRIOL G., MURIENNE J., CALVO J., MARTÍNEZ ORTEGA M., FERRÁNDEZ J.V., NIELL M., CARLÓN L., NUALART N., FERNÁNDEZ P., PÉREZ I., HIDALGO O., CAMBECÈDES J., Sara PALACIO S., FERNÁNDEZ O., TICÓ M. y ETXEBERRIA OKARIZ M., 2025. PHYLOPYR: hacia la secuenciación de las angiospermas del Pirineo y la importancia de los herbarios. In : Actes du XIII^e Colloque international de botanique pyrénéo-cantabrique, Targassonne, 14-17 octobre 2024, *Le Monde des Plantes*, 524-525-526 : 4 p.